This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

**Usage guidelines**

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

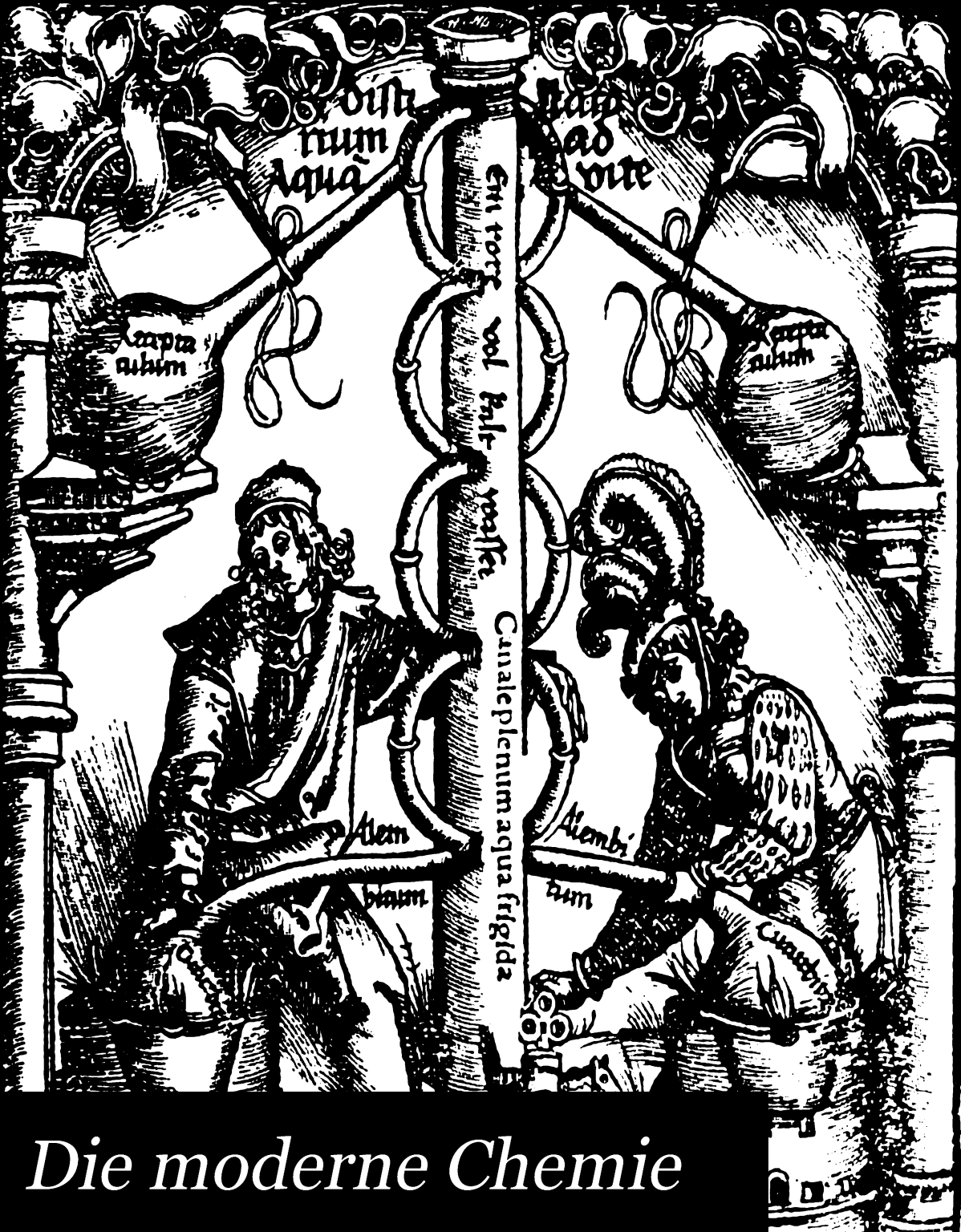
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

**About Google Book Search**

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`




# *Die moderne Chemie*

Wilhelm Bersch

APR 17 1907

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF CALIFORNIA.
Received ..... , 190 .
Accession No. 83621 . Class No. 534
B535

Digitized by Google

Digitized by Google

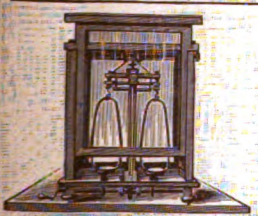
Digitized by Google

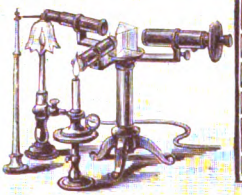
# Die moderne Chemie.

## Eine Schilderung der chemischen Grossindustrie.

Von

Dr Wilhelm Bersch.





A. HARTLEBEN'S VERLAG.

Digitized by Google

Digitized by Google

# Die moderne Chemie.

Digitized by Google

Digitized by Google

Die

# Moderne Chemie.

Eine Schilderung

der

## chemischen Großindustrie.

Von

Dr. Wilhelm Bersch.

Mit 34 Cartonvollbildern,
28 Vollbildern und 668 Abbildungen im Texte.

Wien. Pest. Leipzig.
A. Hartleben's Verlag.
1900.

Alle Rechte vorbehalten.

REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Digitized by Google

TP145
.E5

K. u. k. Hofbuchdruckerei Carl Fromme in Wien.

Digitized by Google

# Vorwort.

Es ist eine schöne Gepflogenheit, daß jeder Autor seinem Werke einige Worte zum Geleite mitgiebt, ehe es den Weg in jene Kreise, für die es bestimmt ist, antritt. Auch mir ist es ein Bedürfnis, diesem Brauche zu folgen, um mein Ziel und meine Absicht darzulegen.

Wohl jeder Chemiker hat im Laufe seiner Thätigkeit mehr als einmal Gelegenheit gehabt, die Wahrnehmung zu machen, daß seinem Wirken und Schaffen von den außerhalb seines Kreises Stehenden nur sehr geringes Interesse entgegengebracht wird, und daß ihnen überhaupt das weite Gebiet der Chemie ganz ferne liegt. Auch der Stand des Chemikers leidet darunter, man vermag sich eben von seiner Thätigkeit, von dem Zwecke der Chemie und ihrem Nutzen kein Bild zu machen. Die Gründe dafür zu finden, dürfte aber nicht schwer fallen. Ich glaube sie einerseits darin zu sehen, daß in den Lehrplänen unserer Lehranstalten der Chemie ein für ihre Bedeutung viel zu geringer Raum zugemessen ist. Man schreckt den Schüler mit Zeichen, Formeln, Reactionen und Atomgewichten ab, ohne ihm Gelegenheit zu geben, auch die rein praktische Seite des Gelernten, die Anwendung der Chemie in der Technik kennen zu lernen. So ist er endlich froh, mit dieser trockenen, ihm zwecklos erscheinenden Wissenschaft nichts mehr zu thun zu haben, und er gewinnt über ihre Zwecke und Ziele, über den ungeheueren Nutzen, den die Chemie der Allgemeinheit gebracht hat, ja selbst darüber, daß die meisten Gegenstände des täglichen Bedarfes in letzter Linie chemische Erzeugnisse sind, kein oder doch nur ein sehr undeutliches Bild. Und wird später doch der Drang in ihm rege, seine Kenntnisse auf chemischen Gebiete zu erweitern, so ist ihm andererseits dazu nur sehr wenig Gelegenheit geboten. In der Literatur findet er wohl treffliche chemische Hand- und Lehrbücher, aber kein Werk, das es versucht, ihm in anziehender Form alles Wissenswerthe über die Anwendung und Bedeutung der Chemie in den Industrien zu vermitteln. So steht er auf seinem ganzen Lebenswege der Chemie und ihren Fortschritten und Errungenschaften theilnahmlos gegenüber, und in seinem Drange, sich weiter auszubilden, wird er sich eher astronomischen oder paläontologischen Studien zuwenden, da ihm auf diesen Gebieten eben allgemein verständlich geschriebene Werke zu Gebote stehen als der Chemie.

83621

Digitized by Google

Mehr als einmal konnte ich dies wahrnehmen, und dem Wunsche, auch das chemische Wissen seiner Bedeutung entsprechend verallgemeinert, in weiten Kreisen mit Interesse und Verständnis betrachtet zu sehen, verdankt das vorliegende Werk seine Entstehung. Es soll und will keine chemische Technologie im eigentlichen Sinne des Wortes sein, sondern nur eine Wanderung durch die wichtigsten Gebiete der chemischen Industrie. Es stellt sich nicht zur Aufgabe, Chemiker heranzubilden, wenn es aber in jungen Gemüthern Liebe zu dem schönen Berufe erweckt, wenn es weiteren Kreisen das Verständnis des großen Gebietes der modernen, der angewandten Chemie vermittelt und den Zweck der Thätigkeit des Chemikers verstehen lehrt, wenn es über die Ziele der angewandten Chemie Aufklärung verbreitet, dann hat das Buch seinen Zweck erreicht und meine Absicht ist in Erfüllung gegangen.

In einem Werke, wie dem vorliegenden, kommt der Abbildung naturgemäß eine wichtige Rolle zu. Mehr als die ausführlichste Beschreibung vermag die Zeichnung einen Begriff von den Hilfsmitteln der technischen Chemie zu geben, und die Innenansichten chemischer Fabriken vermitteln wohl am besten einen Begriff von der Größe der einzelnen Zweige der chemischen Industrie. Ich bin deshalb den zahlreichen Firmen, die mir in liebenswürdigster Weise, als sie mit meiner Absicht bekannt wurden, Photographien aus ihren Etablissements zur Verfügung stellten, zu ganz besonderem Danke verpflichtet. Denn nur mit Hilfe eines reichen Abbildungsmaterials war es mir, wie ich hoffe, möglich, thatsächlich auch den unserer Wissenschaft ferne Stehenden einen Einblick in die Stätten chemischer Wirksamkeit zu gewähren und ein wahrheitsgetreues Bild ihrer Einrichtung zu geben. Auch meinem Verleger muß ich an dieser Stelle meinen Dank aussprechen. Er hat dem Entstehen dieses Werkes stets das größte Interesse entgegengebracht, hat mich bei meiner Arbeit in jeder Beziehung gefördert und unterstützt, und endlich auch für eine dem behandelten Gegenstande würdige Ausstattung Sorge getragen.

So möge sich dies Buch viele Freunde erwerben. Es möge beitragen zum Verständnis der Segnungen, die die Allgemeinheit der Chemie zu verdanken hat, es möge Aufklärung verbreiten über die Thätigkeit des Chemikers, und bewirken, daß man auch seinen Stand in Hinkunft mehr würdigt als dies im Großen und Ganzen heute noch der Fall ist. Dann leite es aber auch hinüber in das zwanzigste Jahrhundert, in welchem die moderne Chemie sicher noch weit herrlichere Früchte zeitigen wird als in dem verflossenen, in welchem sie sich aus bescheidenen Anfängen zu ihrer heutigen gebietenden Stellung entwickelt hat.

**Dr. Wilhelm Bersch.**

Digitized by Google

# Inhalt.


| | Seite |
|---|---|
| Einleitung | 1 |
| Der Phosphor und dessen Anwendung | 17 |
| Die explosiven Stoffe | 44 |
| Die Leucht- und Heizstoffe | 91 |
| Die Mineralsäuren | 161 |
| Chlor, Chlorkalk und Bleichpräparate | 183 |
| Das Kochsalz und die Staßfurter Abraumsalze | 197 |
| Die Potasche- und Sodaindustrie | 223 |
| Brom, Jod und Fluor | 253 |
| Die Cyanverbindungen | 271 |
| Die künstlichen Düngemittel | 289 |
| Kalk, Mörtel und Cement | 323 |
| Die Keramik | 333 |
| Die Glasfabrikation | 391 |
| Die Industrie der Gase und die Erzeugung niederer Temperatur | 443 |
| Die Gewinnung der Metalle | 477 |
| Die Zuckerfabrikation | 561 |
| Stärke, Dextrin und Stärkezucker | 615 |
| Die Gährungsgewerbe | 627 |
| Spiritus und Preßhefe | 635 |
| Die Bierbrauerei | 664 |
| Die Weinbereitung | 684 |
| Die Essigfabrikation | 702 |
| Die Verwerthung des Holzes auf chemischem Wege | 715 |
| Die Verwerthung der Fette und Oele auf chemischem Wege | 741 |
| Die Seifenfabrikation | 745 |
| Die Kerzenfabrikation | 766 |
| Die ätherischen Oele | 786 |
| Die Fabrikation der Lacke und Firnisse | 801 |
| Die Verwerthung des Steinkohlentheeres | 817 |
| Die Farbenfabrikation | 837 |
| Färberei und Zeugdruck | 867 |
| Die chemische Technologie der Nahrungsmittel | 883 |
| Die Hilfsmittel des Chemikers | 921 |


Digitized by Google

# Verzeichnis der Carton-Vollbilder.


| | Einzuheften nach Seite |
|---|---|
| Titelbild. Einzuheften vor dem Titelblatte. | |
| Der Alchemist. (Gemälde von David Teniers d. J.) | 14 |
| Die Erzeugung des Holzdrahtes. (Aus der Zündwaarenfabrik von J. & J. Kohn in Troppau) | 32 |
| Die Barber-Zündholzmaschine | 40 |
| Salpetertransport | 54 |
| Ideale Landschaft aus der Steinkohlenperiode | 128 |
| Teleskop-Gasbehälter. (Construirt von H. Clönne in Dortmund) | 144 |
| Thomasschlackenmühle. (Aus dem Mahlwerke der vereinigten böhmischen Thomaswerke in Prag-Bubeneč) | 320 |
| Ziegelfabrik am Wienerberg. (Wienerberger Ziegelfabriks- und Baugesellschaft) | 352 |
| Arbeitsraum in der Dachfalzziegelfabrik am Wienerberg. (Wienerberger Ziegelfabriks- und Baugesellschaft) | 356 |
| Ringofen zur Ziegelfabrikation | 360 |
| Materialmühle. (Aus den keramischen Werken „Amphora" von Rießner, Stellmacher & Kessel in Turn-Teplitz, Böhmen) | 380 |
| Muffel für Farbenbrand. (Aus den keramischen Werken „Amphora" von Rießner, Stellmacher & Kessel in Turn-Teplitz, Böhmen) | 384 |
| Arabische Gefäße. (Entworfen von Professor Franz Schmorenz, ausgeführt von J. & J. Lobmeyr) | 400 |
| Kohlensäurecompressor. (Aus dem Etablissement der Oesterreichisch-Ungarischen Kohlensäure Industrie-Gesellschaft) | 450 |
| Kühlanlage. (Aus dem bürgerlichen Brauhause in Pilsen) | 474 |
| Anstalt für Galvanoplastik. (Aus dem Etablissement von Schelter & Giesecke in Leipzig) | 504 |
| Hochofenanlage mit dem Arbeitsplatz der Hochofenschmiede in der Königshütte (Preußisch-Schlesien) | 520 |
| Amerikanisches Bessemerwerk | 586 |
| Schriftgießerei. (Aus dem Etablissement von Schelter & Giesecke in Leipzig) | 546 |
| Cyanidwerke in den afrikanischen Goldminen. (Nach einer Photographie des technischen Etablissements von A. Koppel in Berlin) | 554 |
| Diffusionslocale einer Zuckerfabrik | 576 |
| Kalkofen einer Zuckerfabrik. (Ausgeführt von der Maschinenbau-Actiengesellschaft vormals Breitfeld, Danek & Co., Prag-Karolinenthal) | 580 |
| Brüdenpumpen. (Ausgeführt von der Maschinenbau-Actiengesellschaft vormals Breitfeld, Danek & Co., Prag-Karolinenthal) | 588 |
| Inneres einer Preßhefefabrik. Gährraum. (Aus der Baron Springer'schen Spiritus- und Preßhefefabrik Maison Alfort bei Paris | 660 |
| Subhausanlage. (Aus dem bürgerlichen Brauhause in Pilsen) | 672 |
| Gährkeller. (Aus dem bürgerlichen Brauhause in Pilsen) | 680 |
| Autoklavenraum. (Aus der k. k. priv. Kerzen-, Seifen- und Glycerinfabrik von F. A. Sarg's Sohn & Co. in Liesing bei Wien) | 768 |
| Stearinfilterpressen. (Aus der k. k. priv. Kerzen-, Seifen- und Glycerinfabrik von F. A. Sarg's Sohn & Co. in Liesing bei Wien) | 770 |
| Destillation der Fettsäuren. (Aus der k. k. priv. Kerzen-, Seifen- und Glycerinfabrik von F. A. Sarg's Sohn & Co. in Liesing bei Wien) | 772 |
| Kerzengießsaal. (Aus der k. k. priv. Kerzen-, Seifen- und Glycerinfabrik von F. A. Sarg's Sohn & Co. in Liesing bei Wien) | 776 |
| Aus der Fleischextractfabrik in Fray-Bentos | 894 |
| Apparate zur Fabrikation des Fleischextractes. (Fray-Bentos) | 896 |
| Ansicht einer Musterbäckerei. (Ausgeführt von der Cannstätter Misch-, Knetmaschinen- und Dampfbackofenfabrik Werner & Pfleiderer in Cannstatt) | 914 |


Digitized by Google

REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

# Einleitung.

Vor einem Jahrhunderte waren die Naturwissenschaften noch ein ziemlich vernachlässigtes Gebiet und der Laie, der ihnen Interesse entgegenbrachte, pochte wohl nur an verschlossene Thüren. Das Säculum, das nun zur Neige geht, hat auch darin Wandel geschaffen. Heute ist die Erforschung der Natur, die Naturwissenschaft nicht nur die edelste Bethätigung des Menschengeistes, ihre Lehren stehen auch allen offen, die da kommen wollen, sich einen Einblick zu verschaffen in das Weben und Walten der Allmutter Natur.

Während aber in früherer Zeit ein Gelehrter alle Gebiete der Naturwissenschaft zu beherrschen vermochte, ist dies heute anders geworden. Die stets sich mehrenden Entdeckungen, der immer größere Umfang, den jedes Gebiet der Naturwissenschaft annahm, zwang geradezu die Gelehrten, sich besonderen Zweigen der Naturwissenschaft zuzuwenden. Und selbst da erfordert es einen ganzen Mann, nur einen Zweig, nur ein einziges Gebiet in seiner Gänze zu beherrschen. Diese Arbeitstheilung auf naturwissenschaftlichem Gebiete ist aber der Wissenschaft selbst zugute gekommen. Erst durch diese Specialisirung war jeder Forscher im Stande, sein ganzes Können in einer bestimmten Richtung zu bethätigen, sein Gebiet auszubauen, und dadurch die Wissenschaft zu fördern.

War früher die Naturwissenschaft geradezu hinter Mauern vergraben, war sie nur den „Gelahrten" und solchen, die die hohe Schule hinter dem Rücken hatten, zugänglich, so ist dies heute glücklicherweise anders geworden. Heute hat man die Tragweite naturwissenschaftlicher Bildung richtig zu erkennen und zu würdigen gelernt, und als die schönste Errungenschaft können wir es bezeichnen, daß selbst die Leuchten der Wissenschaft es nicht verschmähen, von ihrem Schatze ex Kathedra einem großen Publicum Mittheilung zu machen.



Digitized by Google

Und dank dieser Erkenntnis, dank dieser Bemühung der Fachmänner, die in Wort und Schrift emsig für die Verallgemeinerung des Wissens thätig waren, verfügt heute jeder Gebildete über eine ansehnliche Summe fachlichen Wissens. Dadurch wurden neue Ideen, neue und richtige Weltanschauungen in die Menge gebracht, und so mancher sucht und findet heute seine Erholung in dem Studium der Naturwissenschaften. Das Niveau der allgemeinen Bildung wird dadurch gehoben — und Wissen ist Macht.

Nur ein Zweig der modernen Naturwissenschaft wurde seit jeher stiefmütterlich behandelt, und gerade jener, welcher eine Fülle des Interessanten birgt — die Chemie. An dieser bedauernswerthen Thatsache tragen aber verschiedene Umstände die Schuld, nicht zuletzt wohl der, daß die Chemie Jahrhunderte hindurch als Geheimwissenschaft betrieben wurde, daß die Chemiker von einst ihr Wissen ängstlich verborgen hielten, und Phantasmen nachjagten, die der Chemie unserer Tage völlig fremd sind. Es steht aber noch aus einem zweiten Grunde die Chemie heute in keinem besonderen Ansehen. Nur zu häufig hört man die Ansicht aussprechen, sie sei eine trockene, unerquickliche Wissenschaft, und der Chemiker vermöge nichts oder doch nur sehr wenig von allgemeinem Interesse zu bieten.

Dies trifft jedoch nicht zu, denn gerade die Chemie, die Lehre von den Elementen, ist nicht nur reich an fesselnden Thatsachen, sondern auch ihre Anwendung und ihr Einfluß auf alle Gebiete menschlicher Thätigkeit ist so groß, daß es geradezu bedauert werden muß, wenn selbst Personen, die sich mit vollem Rechte als „Gebildete" bezeichnen können, nur über sehr geringe Kenntnisse, die Anwendung der Chemie betreffend, verfügen.

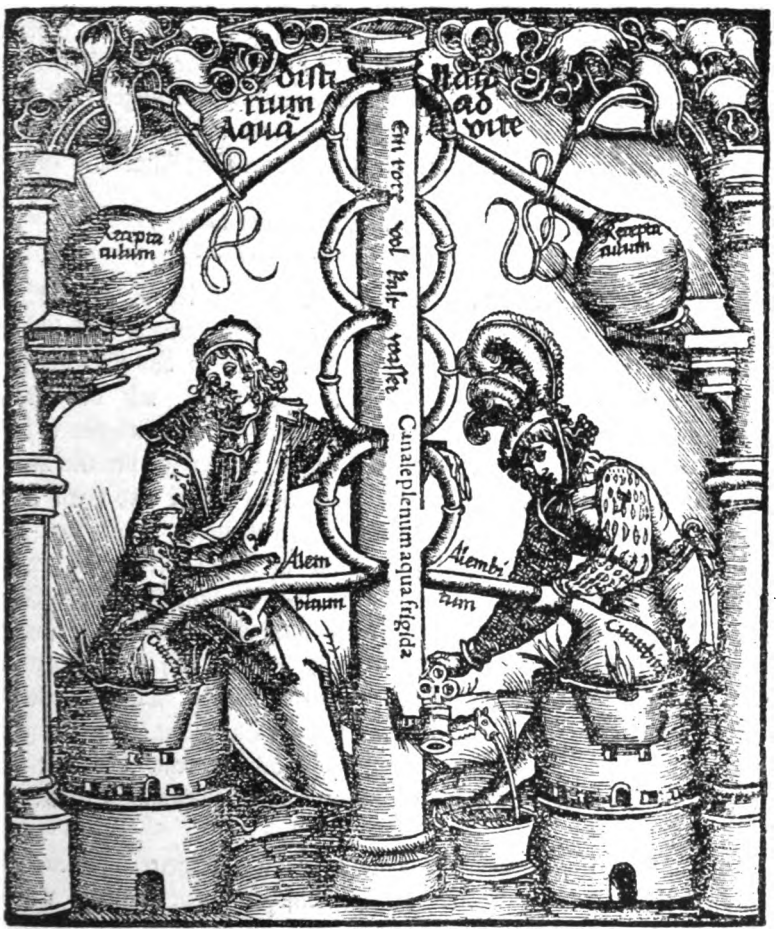
Leider wird eben vielfach übersehen, welch gewaltige Bedeutung die Chemie und besonders die angewandte oder technische Chemie in den letzten Jahrzehnten erlangte. Sie dient nicht nur jenen Industrien, die ihrer zur Controle der Rohmaterialien bedürfen, sie war nicht nur dadurch von Nutzen, daß sie die zweckmäßige Verwerthung zahlreicher Abfallstoffe und die Erhöhung der Ausbeuten bei vielen Fabrikationen ermöglichte, sie hat vielmehr, und dies müssen wir als ihr wichtigstes Verdienst bezeichnen, eine Anzahl ganz neuer Industrien geschaffen, und zwar einzig und allein dadurch, daß die Forschungen der Gelehrten in ihren Laboratorien, die nur der Ergründung der ewig wahren Naturgesetze dienen sollten, mit Erfolg in die Praxis übertragen wurden. Dadurch erlangte die moderne Chemie einen früher ungeahnten Einfluß auf unsere Cultur, auf die Entwickelung der Industrien und auf Handel und Verkehr, der jedoch durchaus noch nicht abgeschlossen ist.

Fast täglich bringen neue Entdeckungen in die Oeffentlichkeit, die Eingang und Anwendung in den Industrien finden, und so sehen wir gerade bei der Chemie eine Erscheinung, die sich bei allen anderen Zweigen der Naturwissenschaften nicht oder nur in weit geringerem Maße wahrnehmen läßt: die innige Berührung zwischen Theorie und Praxis, wobei die eine auf die andere bestimmen-

Digitized by Google

den Einfluß nimmt, zu neuen Forschungen anregt, oder der Industrie neue Bahnen eröffnet.

Diser ofen ist hie angezeigt den müssigen künstnern/welche wol derweil hon/darinnen zů distillieren Aqua vite vnd andere ding/das da sensseigklich zů soll ghan/Alß dañ von den Alten hochgelerten vund erfarnesten Artzten zůwegen bracht/zů nutz deß men schen leib in gesundtheit zůbehalten mitt Gottes hilff.




Gewinnung von Alkohol im 16. Jahrhunderte. Aus Ph. Ulstadius: „Coelum philosophorum", Straßburg 1536. (Nach F. Fischer.)

Freilich hat man schon vor Jahrhunderten Producte erzeugt, die heute chemische Fabriken oder doch Industiren liefern, die mit der Chemie im innigsten Zusammenhange stehen. Man kannte die Seife und die Kerze, die Metalle, die der



Digitized by Google

Bergmann aus tiefem Schachte förderte, wurden verarbeitet, der Brenner brannte sein Korn, der Färber lieferte Tücher in allen Farben und Mustern. Auch heute geschieht dies, aber welchen gewaltigen Unterschied können wir zwischen einst und jetzt wahrnehmen? Damals waren dies Gewerbe, sie wurden rein schablonenhaft und nach geheim gehaltenen Recepten betrieben, die der Vater auf den Sohn vererbte. Der Ausfall des Productes, die Ausbeute und die Schnelligkeit der Fabrikation waren fast Nebensache. Man versuchte gar nicht über die Processe klar zu werden, die sich in jedem einzelnen Falle abspielten, der Producent fand seine Rechnung, und der Consument war zufrieden mit der Waare, die er geliefert erhielt. Das war die Zeit, die den Telegraph nicht kannte, und in der die Postkutsche allen Verkehr vermittelte, in der die feenhaftesten Beleuchtungswirkungen mit Oellampen und Talgkerzen hervorgerufen wurden, weil man keine anderen Leuchtstoffe kannte, und in der selbst ein seine Mitwelt thurmhoch überragender Mann wie Goethe den Ausspruch that:

„Wüßte nicht, was sie Besseres erfinden könnten,
Als wenn die Lichter ohne Putzen brennten!"

Dies war im Zeitalter der Handarbeit. Als man jedoch gelernt hatte den Riesen Dampf in Fesseln zu schlagen, als die ersten Locomotiven auf schimmernden Geleisen die Lande durchflogen, da kam ein neuer Geist in das Menschengeschlecht. Mit dem gewaltigen Aufschwunge, den der Handel nahm, mit der Erschließung neuer Absatzgebiete wurde auch die Nachfrage nach den verschiedenen Producten größer. Die einzelnen Gewerbe wurden genöthigt, rascher zu produciren, um der Nachfrage gerecht werden zu können, sie gewannen immer mehr und mehr an Umfang und Bedeutung, und allgemach entwickelten sich aus ihnen jene Industrien, von denen in diesem Buche die Rede sein soll. Hand in Hand mit der Steigerung der Production ging aber auch eine Verbesserung des Erzeugnisses. Der Industrielle mußte im eigensten Interesse bestrebt sein, nicht nur rasch und billig, sondern auch gut und immer besser zu produciren, denn darin äußerte sich der Segen der Concurrenz, daß die Qualität der Erzeugnisse gehoben ward. Dies konnte aber nur dadurch erreicht werden, daß die Wissenschaft ihre Hand bot, daß an Stelle der reinen und starren Empirie der zielbewußte Fortschritt trat, der mit veralteten Anschauungen und Verfahren aufräumte, und rationelle, zweckmäßigere Gewinnungsweisen an ihre Stelle setzte.

Dieser Umschwung zum Besseren wäre aber nicht eingetreten, wenn nicht fast in der gleichen Zeit auch die Chemie als Wissenschaft neue Bahnen eingeschlagen hätte.

Jahrhunderte hindurch war sie im Banne der Alchemie gestanden, das Endziel aller chemischen Bestrebungen war nur darauf gerichtet gewesen, unedle Metalle in edle zu verwandeln, mit einem Worte Gold zu machen. Heute wissen wir, daß eine solche „Transmutation der Metalle" nicht durchführbar ist, seinerzeit war man jedoch von der Möglichkeit einer solchen Umwandlung durchdrungen und sie herbeizuführen war der Traum der Chemiker von einst. Welche Auswüchse dieses

Digitized by Google

Zeitalter der Alchemie mitunter zu Tage förderte, werden wir noch Gelegenheit haben zu besprechen, wir dürfen uns jedoch nicht verhehlen, daß im gewissen Sinne die Suche nach dem Stein der Weisen auch Nützliches ergab. Sie machte mit den Eigenschaften vieler Körper vertraut, lehrte die Darstellung neuer Verbindungen und lieferte das Gerüst, auf welchem die moderne Chemie aufgebaut werden konnte, als man sich von zahlreichen Irrlehren und falschen Anschauungen, denen Jahrhunderte hindurch selbst die größten Geister gehuldigt, befreit hatte.

Und kaum war der erste Stein des alten, morschen Baues gefallen, kaum hatte Lavoisier Bresche gelegt in die mystischen Anschauungen vergangener Tage, so standen der neuen Lehre auch schon weitere streitbare Kämpen zur Seite. Wohl fehlte es bei dieser Umwälzung der gesammten, bis dahin als unumstößlich geltenden Naturanschauung nicht an Widersachern, die da sahen und nicht sehen wollten, aber gerade der Widerstand, dem die neuen Lehren begegneten, trug dazu bei, sie durch neue Experimente zu festigen und zu erhärten. Männer wie Dalton, Berthollet, Avogadro, Priestley, Gay-Lussac, Berzelius und viele Andere trugen nun Baustein um Baustein herbei, um die neugeborene Wissenschaft zu kräftigen und ihr eine dauernde Grundlage zu schaffen. Dies war aber nur dadurch möglich, daß man mit der bisher üblichen Anstellung planloser Experimente brach und die quantitative Forschung an ihre Stelle setzte. Selbst Priestley, der geniale Experimentator und Entdecker des Sauerstoffes und Stickstoffes, dessen, im Vergleiche mit den Einrichtungen der modernen Laboratorien höchst einfache Vorrichtungen und Apparate das Titelblatt seines berühmten Werkes: „Experiments and Observations on different Kinds of Air" veranschaulicht, sprach noch die Ansicht aus, alle Entdeckungen seien einzig und allein dem Zufalle zu verdanken. Er verglich den Naturforscher mit einem Hunde, welcher planlos umherläuft und nach Beute sucht. Heute ist man aber zur gegentheiligen Anschauung gekommen. Der Naturforscher gleicht mehr einem Jäger, der sein Gebiet genau besieht und durchforscht, ehe er daran geht, nach einem festen Plane dem Wilde nachzustellen.

Im Zeitalter der Alchemie hatte man zwar eine namhafte Zahl neuer Verbindungen hergestellt, sich aber um ihre Zusammensetzung nicht weiter gekümmert, oder diese aus falschen Annahmen abgeleitet. Der neuen Richtung war es vorbehalten, auch über das Wesen der Substanz Aufklärung zu geben, und dies führte zur Aufstellung des Begriffes der chemischen Elemente, worunter wir solche Körper zu verstehen haben, die sich durch die Anwendung chemischer Hilfsmittel nicht mehr weiter zerlegen lassen. Das ganze Mittelalter hindurch war die Aristotelische Lehre von den vier Elementen — Erde, Wasser, Feuer, Luft — einzig maßgebend, aber erst zu Ende des 18. Jahrhundertes, nachdem der Sauerstoff und der Stickstoff als Bestandtheile der Luft, der Wasserstoff und Sauerstoff als Bestandtheile des Wassers entdeckt worden waren, als Lavoisier durch die Wage nachgewiesen hatte, daß sich Quecksilber nicht in Erde verwandeln könne und das die Verbrennungsproducte nicht weniger als die verbrannte Substanz, sondern um den aufgenommenen Sauerstoff mehr wiegen, konnte der Begriff des

Digitized by Google

Elementes im modernen Sinne gegeben werden. Und heute kennen wir 72 Elemente, doch ist ihre Zahl wohl keineswegs abgeschlossen. Denn einerseits müssen wir die Entdeckung neuer Elemente gewärtigen, andererseits dürfte es der Wissenschaft wohl noch gelingen, Körper, die wir heute als Elemente betrachten, in einfachere zu zerlegen. Wer hätte beispielsweise vor vier Jahren gedacht, daß in der Luft außer Stickstoff und Sauerstoff noch ein weiteres Element enthalten sei? Erst die Entdeckung des Argons durch Rayleygh und Ramsay hat uns eines Besseren belehrt und die neuesten Forschungen der beiden Gelehrten zeigten weiter, daß das Argon durchaus kein Element ist, sondern daß es sich in zwei einfachere Körper zerlegen lasse, denen sie die Namen Krypton und Meta-Argon beilegten.

Laurent Lavoisier.

Die Forschungen Lavoisier's auf quantitativer Grundlage waren aber nicht nur der Anstoß zu der großartigen und ungeahnten Entwickelung der Chemie, sie gaben auch den Anlaß zur Schaffung eines ganz neuen Zweiges derselben, nämlich der analytischen Chemie. Damit war aber ein weites, neues Forschungsgebiet eröffnet und jene Männer, die zu Ende des 18. und zu Beginn des 19. Jahrhundertes die ersten analytischen Methoden ausarbeiteten, haben wohl nicht daran gedacht, welche enorme Wichtigkeit dieser Zweig der angewandten Chemie für die chemischen Industrien erlangen werde.

Erst als man dank der analytischen Chemie befähigt war, chemische Processe in ihrem Verlaufe genau zu verfolgen, war man im Stande, Mittel und Wege zu ihrer Vervollkommnung anzugeben. Die analytische Chemie lehrte zahlreiche werthvolle, bis dahin aber unbeachtete Rohmaterialien kennen, und heute ist sie in vielen Industrien zur unentbehrlichen Leiterin und Beratherin geworden. Sie ist es, die jeden Verlust aufdeckt, und auch die Mittel angiebt, ihn zu vermeiden, sie hat die Aufgabe, den Werth der Rohmaterialien durch Ermittelung der darin enthaltenen Menge des werthbestimmenden Bestandtheiles festzu-

Digitized by Google

stellen, und endlich muß sie auch vielfach das Endproduct einer Untersuchung unterziehen, einerseits um dessen Reinheit, andererseits aber auch um dessen Werth festzustellen.

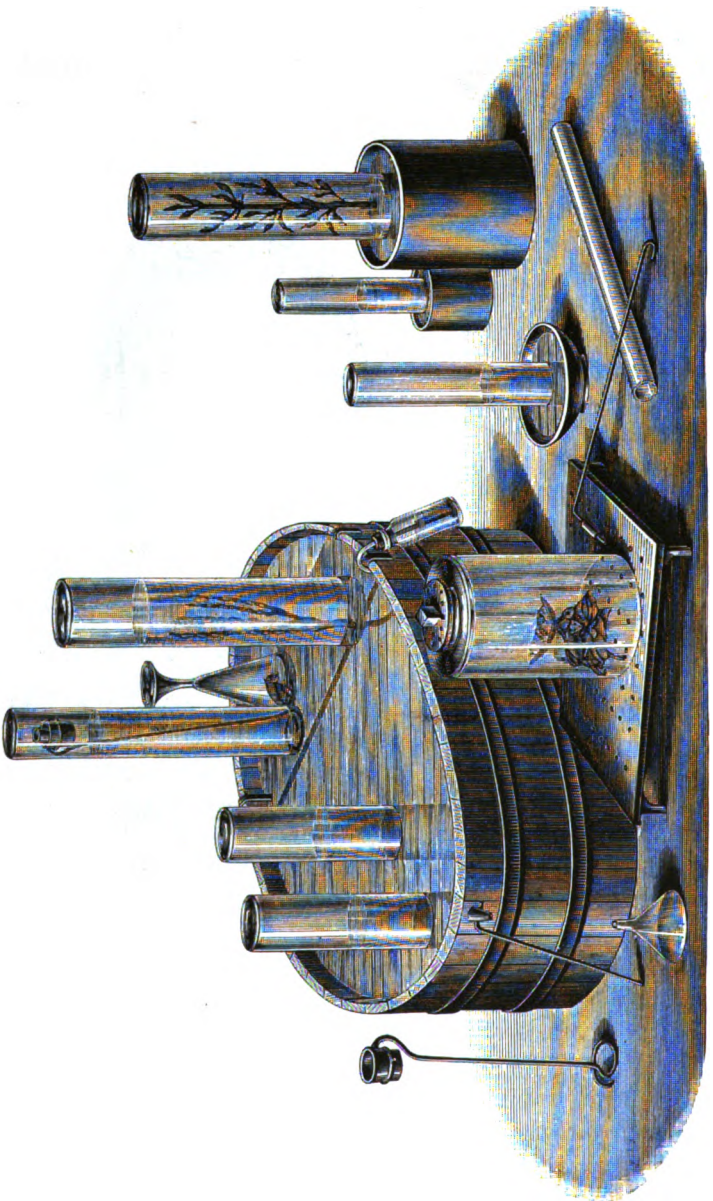
Wie die Erfindung des Mikroskopes unsere Anschauungen über die Beschaffenheit aller Lebewesen gründlich umgebildet hat, wie es uns die Kenntnis neuer Formen und Arten vermittelte, von denen man früher nichts wußte, da man sie eben nicht sah, so legte auch die analytische Chemie, welche ebenfalls einen Einblick in das Innere chemischer Vorgänge gestattet, deren Natur und Verlauf klar. Jetzt erst, als man die chemische Analyse zum Studium der Gewerbe des Seifensieders, des Schnapsbrenners und des Hüttenmannes, des Färbers und vieler Anderer anwendete, stellte sich heraus, daß alle diese Processe höchst unrationell betrieben wurden. Die chemische Analyse deckte die Verluste auf, sie war aber auch im Stande, Mittel und Wege zur Verbesserung und Vervollkommnung zu weisen. Und von da ab datirt die Einführung der analytischen Chemie in die chemische Industrie, die allerdings zunächst dem Chemiker höchst mißtrauisch entgegenkam, aber doch bald ihren Vortheil einsah. Ja, mit Fug und Recht können wir sagen, daß die analytische Chemie die modernen chemischen Industrien schuf, daß sie es war, die aus den primitiven Gewerben von einst das mächtige Gebäude der angewandten, der modernen Chemie hervorgehen ließ.

Jakob Berzelius.

All die chemischen Processe, die Tag für Tag in den verschiedenen auf chemischer Grundlage beruhenden Großbetrieben ausgeübt werden, sind jedoch durchaus nicht uninteressant oder unverständlich, wenn sie auch häufig sehr verwickelter Natur sind. Da aber heute die chemische Industrie und somit die Chemie unser ganzes Leben beherrscht, wenn wir im gewöhnlichen Leben dies auch nicht gleich wahrnehmen, weil wir eben das Vorhandensein zahlreicher Producte, die ihre Entstehung chemischen Operationen verdanken, als selbstverständlich ansehen, so ist es nicht nur

Digitized by Google

vom ethiſchen Standpunkte wünſchenswerth, daß ihre Kenntnis in weitere Kreiſe dringe, ſondern auch im Intereſſe jedes Einzelnen gelegen, ſich ſolches Wiſſen



Prieſtley's Apparate zur Unterſuchung der Gaſe. (Nach dem Titelblatte ſeines Buches: „Experiments and Observations on different Kinds of Air" 1774).

anzueignen. Leider tragen unſere modernen Schulen nur ſehr wenig dazu bei, die Liebe zu den Naturwiſſenſchaften zu erwecken, und es iſt in dieſer Richtung auch wohl kaum ein Umſchwung zu erwarten, ſo lange nicht gänzlich mit dem Unter-

Digitized by Google

richte auf humanistischer Grundlage gebrochen wird. Umsomehr sollte daher jeder Gebildete bestrebt sein, sich solche Kenntnisse zu verschaffen, sie werden ihm gewiß zunutze kommen. Ja, wir können es heute getrost aussprechen, ohne uns einer Uebertreibung schuldig zu machen: der Tag ist nicht mehr ferne, an dem man von dem Gebildeten die Kenntnis gewisser chemischer Vorgänge ebenso verlangen und voraussetzen wird, wie etwa heute jene unserer Classiker oder fremder Sprachen. In anziehender Weise diese Kenntnisse zu vermitteln, zu belehren, ohne zu ermüden, durch unsere chemischen Industrien zu führen und die Processe zu schildern, ohne mit Symbolen und Formeln zu arbeiten, ist der Zweck dieses Buches, und zahlreiche Abbildungen werden uns die Erreichung dieses Zieles gewiß wesentlich erleichtern. Sie werden wohl auch um so willkommener sein, da die meisten chemischen Fabriken nicht oder nur widerstrebend ihre Thore dem Nichtfachmanne öffnen. — — —

Louis Josef Gay-Lussac.

Wir haben in großen Zügen die Entwickelung der chemischen Industrie aus primitiven Gewerben geschildert, und haben den Einfluß gezeigt, den dabei die Wissenschaft auf die Praxis genommen hat. Ihre befruchtende Thätigkeit war aber damit noch lange nicht zu Ende. Vielmehr hat die Chemie gerade in den letzten Jahren neue Triumpfe gefeiert, indem sie bestrebt war, eine zweckmäßige Verwerthung der Abfallproducte zu ermöglichen. Dadurch wurde aber, wenigstens für gewisse Industrien, die Rentabilitätsgrundlage vollkommen verschoben, zahlreiche Fabriken sind heute, wollen sie concurrenzfähig bleiben, direct auf die sorgsamste Ausnützung aller Abfallstoffe angewiesen, und neue chemische Industrien sind emporgeblüht, deren Roh- und Ausgangsmaterial nichts anderes ist als das Abfallproduct anderer Fabriken. Ja, es trat sogar der Fall ein, daß das Abfallproduct, als man nur gelernt hatte, es zu verarbeiten und zu verwerthen und

Digitized by Google

die in ihm verborgenen Schätze zu gewinnen, fast werthvoller wurde als das Hauptproduct, und dieses zum Nebenproduct herabdrückte.

Ein schönes und lehrreiches Beispiel dieser Art sehen wir in der Leuchtgasfabrikation, und die Ausnützung, wie sie hier jedem der sich ergebenden Abfallstoffe zutheil wird, ist typisch für die moderne Chemie.

Das Ausgangsmaterial bildet die Steinkohle. Wird diese unter Abschluß der Luft erhitzt, so entwickelt sich das brennbare Leuchtgas, und in den Retorten, in welchen dieser Proceß der „trockenen Destillation" vorgenommen wird, hinterbleibt einerseits der als Brennmaterial sehr werthvolle Coaks, andererseits die dichte und klingende Retortenkohle, die zur Herstellung der Kohlenstifte für Bogenlampen, für elektrische Batterien und noch zu anderen Zwecken verwendet wird. Das rohe Leuchtgas muß, ehe es zu Beleuchtungszwecken geeignet ist, noch einem Reinigungsproceß unterworfen werden. Dadurch wird einerseits das Gaswasser abgeschieden, welches den ursprünglich in der Steinkohle vorhandenen Stickstoff in Form von Ammoniak enthält, und zur Darstellung des schwefelsauren Ammons, eines für die Landwirthschaft höchst wichtigen und werthvollen Düngemittels, verwendet wird. Andererseits erhält man die Gasreinigungsmasse, welche ein geschätztes Rohmaterial für die Darstellung von Cyanverbindungen bildet, und endlich den Steinkohlentheer.

Mit dem Steinkohlentheer, einer schwarzen, abstoßenden und übelriechenden Flüssigkeit, hat es eine eigene Bewandtnis. Seinerzeit hat dieses Nebenproduct den Gastechnikern manches Kopfzerbrechen verursacht. Sie wußten nicht, in welcher Weise sie die sich immer mehr ansammelnden Theervorräthe verwerthen oder unschädlich machen sollten, und so griff man zu dem Auskunftsmittel, den Steinkohlentheer zu verheizen. Das war aber zu einer Zeit, in welcher sich die Chemiker noch nicht eingehend mit der Natur dieser Substanz beschäftigt hatten und man noch nicht wußte, welcher Schatz, welche Summe höchst brauchbarer und wichtiger Stoffe in dem Theere enthalten ist. Die wissenschaftliche Chemie hat erst seinen Werth erkennen lassen.

Zunächst entdeckte Runge im Jahre 1835 im Steinkohlentheere das Anilin, A. W. Hofmann 1845 das Benzol, dessen technische Gewinnung er mit Mansfield 1848 zeigte, und das zur Darstellung des Anilins dient. Aus letzterem gelang es im Jahre 1856 Perkin den ersten künstlichen Farbstoff darzustellen, während man bis dahin nur die in gewissen Pflanzen vorkommenden natürlichen Pigmente als Farbstoffe organischer Natur gekannt hatte. Allerdings war dieser Farbstoff, das Mauvein, nur unscheinbar, aber der Anfang war gemacht, und im Jahre 1858 glückte es Hofmann, aus Benzol, beziehungsweise Anilin das durch seine Farbenpracht bestechende Fuchsinroth darzustellen. Bei dieser einen, aufsehenerregenden Entdeckung blieb aber A. W. Hofmann nicht stehen, es gelang ihm und seinen Schülern vielmehr noch eine ganze Reihe wundervoller Farbstoffe aus dem Benzole zu erhalten, und damit wurde er zum Begründer einer großartigen Industrie, der Industrie der Theerfarben, die einzig und allein auf der rationellen

Digitized by Google

Verarbeitung des einst mißachteten Theeres beruht; ihre Bedeutung geht schon daraus hervor, daß Deutschland allein im Jahre 1897 Theerfarbstoffe im Werthe von 70 Millionen Mark exportirte.

Die Art und Weise der technischen Verwerthung des Steinkohlentheeres, sowie die Darstellung der prächtigen Anilinfarben werden wir an einer anderen Stelle dieses Buches zu besprechen haben. Hier ist jedoch der Ort, um auf einen weiteren Umstand hinzuweisen, der die großartige Entwickelung der chemischen Industrie ermöglichte, der aber auch im stillen Laboratorium des Chemikers seinen Ausgang genommen hat. Es ist dies die chemische Synthese organischer Stoffe.

Friedrich Wöhler.

Analyse und Synthese sind gewissermassen die Pole, zwischen denen das große Gebiet der angewandten, der modernen Chemie liegt. Während die Analyse sich in absteigender Richtung bewegt, und unter Anwendung chemischer Processe von complicirten Verbindungen zu immer einfacheren vorzudringen bestrebt ist, schlägt die Synthese den umgekehrten Weg ein: ihr Ziel ist es, aus einfachen Verbindungen complicirtere aufzubauen. Der Analytiker zerstört — der Synthetiker baut auf, der Analytiker ist der trockene Beobachter, dem nur der Ausschlag der Zunge seiner Waage, oder die Ablesung an dem Polarisationsapparate maßgebend ist, der Synthetiker ist dagegen der Dichter und Phantast, der kühne Träumer — allerdings ebenfalls unter Anwendung wissenschaftlich begründeter Methoden, und zielbewußt vorgehend und überlegend, welcher Weg wohl am leichtesten und raschesten zum Ziele führen kann.

Die chemische Synthese organischer Verbindungen ist eine der jüngeren Errungenschaften der modernen Chemie. Ursprünglich war man der Meinung, nur im lebenden Organismus können organische Substanzen gebildet werden, und man schrieb dies einer geheimnisvollen Kraft, der „Lebenskraft“ zu. Da zeigte

Digitized by Google

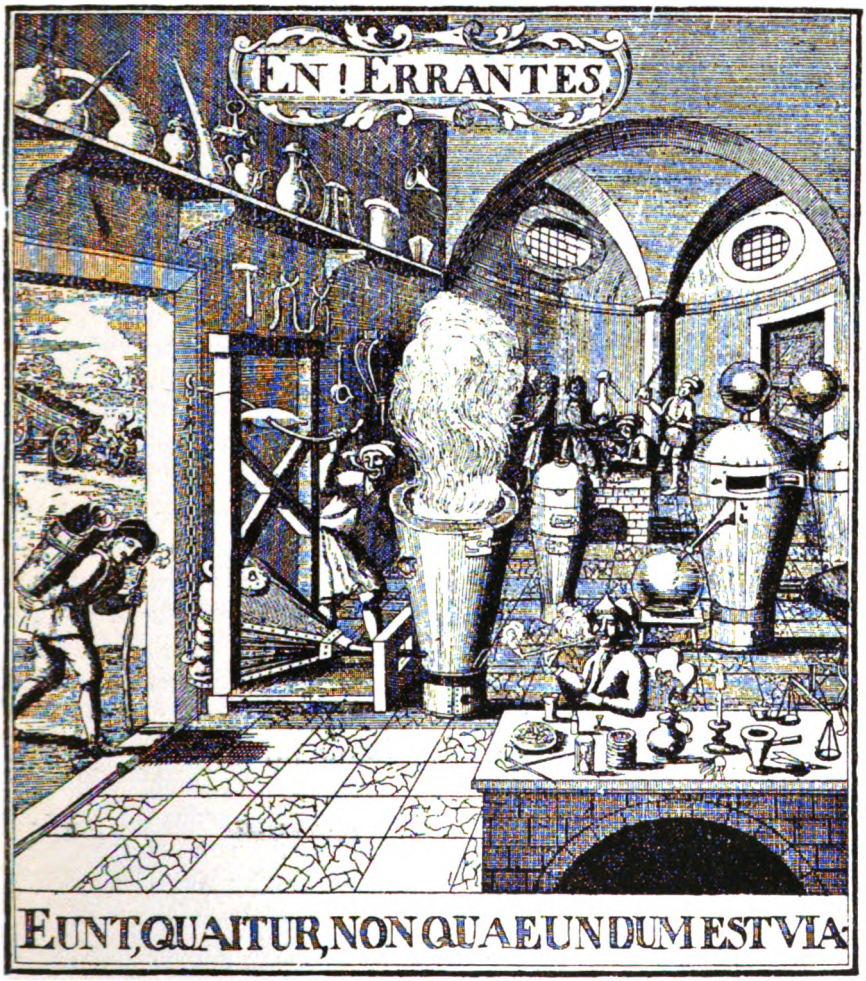
ein junger Chemiker im Jahre 1828 das Gegentheil, es gelang ihm aus anorganischen Stoffen, aus cyansaurem Ammon den Harnstoff darzustellen, und damit war der Bann gebrochen. Dieser Chemiker war Friedrich Wöhler. Wäre auch dies seine einzige Entdeckung geblieben, sein Name wäre trotzdem für immer eingezeichnet in das goldene Buch der Unsterblichkeit. Nun war aber der Chemie ein neues Gebiet erschlossen, und bald feierte die Synthese organischer Verbindungen Triumph nach Triumph, einer derselben war die schon geschilderte Entdeckung der Darstellung organischer Farbstoffe aus dem Theere.

Die Synthese beschränkte sich aber nicht allein auf die Erzeugung von Farbstoffen, und auch der Theer wird nicht nur ausschließlich zu diesem Zwecke verarbeitet. Es gelang vielmehr daraus noch zahlreiche andere Verbindungen, so aus dem Anthracen des Steinkohlentheeres den Krappfarbstoff, das Alizarin darzustellen, und diese Synthese war deshalb von großer Bedeutung, da das Alizarin der erste künstliche Farbstoff war, der sich mit dem aus der Krapppflanze gewonnenen Farbstoffe identisch erwies. Die Färber fanden sehr bald ihren Vortheil in der Verwendung des Alizarins, da es nicht nur reiner, sondern auch billiger war, als der natürliche Krappfarbstoff, die Folge war der vollständige Niedergang des einst so blühenden Krappbaues Frankreichs, der einen Jahresertrag von rund 34 Millionen Francs abgeworfen hatte! Auch zahlreiche Arzneimittel lehrte der Chemiker aus dem Steinkohlentheere darstellen, so das allbekannte Antipyrin und das Phenacetin, und auch das den Zucker an Süßigkeit um das Mehrhundertfache übertreffende Saccharin wird aus dem einst so unterschätzten Theere gewonnen. Dies alles sind ausschließlich Erfolge der chemischen Synthese, die ungekannte und ungeahnte Industrien emporblühen ließ, und die noch immer über einen schier unerschöpflichen Glückstopf verfügt, aus dem noch zahlreiche Wunder emporsteigen werden.

Die Verwerthung der Steinkohle durch trockene Destillation giebt uns aber noch Anlaß zu einer weiteren Betrachtung. Die Kohle, die das Rohmaterial bildet, ist der Ueberrest vergangener geologischer Formationen, sie besteht ausschließlich aus Pflanzenresten, die in der Erdrinde eingeschlossen im Laufe der Jahrmillionen den Proceß der Verkohlung durchmachten. Diese Pflanzen wuchsen aber nur unter dem belebenden Einflusse des Sonnenlichtes und der Sonnenwärme, und in ihnen wurde daher ein Theil der von der Sonne ihrem Kinde, der Erde, zugesandten Energie aufgespeichert. Diese Energie, diese schlummernden Spannkräfte finden wir in der Steinkohle wieder. Wir können sie in Wärme umsetzen, indem wir die Kohle verbrennen, wir können sie als Bewegung erscheinen lassen, wenn wir die Kohle zur Heizung des Dampfkessels einer Locomotive verwenden. Weitaus eleganter und sinnreicher, wenn auch complicirter erfolgt jedoch die Wiedergewinnung dieser Energie durch die Leuchtgasfabrikation, und zwar auch in einer weitaus zweckmäßigeren Weise, als durch bloße Verbrennung. Die Coakes dienen als Brennmaterial oder in der Eisenindustrie, der Stickstoff der Pflanze, der sonst unbenützt entweicht, wird dem Boden in Form eines werthvollen Düngemittels wiedergegeben, das Leuchtgas liefert uns bei der Verbrennung Licht, Wärme oder

Digitized by Google

in den Gasmotoren Kraft, und der Steinkohlentheer endlich bildet das Ausgangsmaterial für zahlreiche schöne, nützliche und heilkräftige Stoffe, ja in den Theerfarben läßt der Chemiker dieselben Farben wieder erstehen, in die das Prisma den Sonnenstrahl zu zerlegen vermag.




Ein chemisches Laboratorium im 18. Jahrhunderte. (Aus „Falscher und wahrer Lapis philosophorum", Frankfurt 1752.) Nach F. Fischer.

Ungeheuere Werthe werden durch diesen einen Proceß jährlich geschaffen, Tausenden und Abertausenden liefert heute die Industrie der Steinkohle Brot und Verdienst, und dies nur dank der Thätigkeit des Chemikers, dank dem Ausbaue der modernen Chemie.

Digitized by Google

Und dies ist nur ein Beispiel! Zahlreiche andere werden wir noch in diesem Buche kennen lernen, und sie alle werden beweisen, wie wichtig es heute ist, mit den Grundzügen der chemischen Industrien vertraut zu sein, welche Bedeutung diese für die Allgemeinheit erlangt haben, und wie ihre Entwickelung geradezu ein Spiegelbild der culturellen Entwickelung des Menschengeschlechtes ist.

„Wenige andere Wissenschaften" — sagt H. Kopp, der Verfasser der „Geschichte der Chemie" — „wenige andere Wissenschaften haben von ihrem Ursprunge an bis auf unsere Zeit so viele Schwierigkeiten, die ihrer Begründung, Aufklärung und Verfolgung im Wege standen, zu bekämpfen gehabt. Wenig andere auch haben sich so in Extremen bewegt, wie gerade die Chemie. Ihrer allgemeinen Stellung nach ist sie bald eine verachtete Beschäftigung, bald die gepriesenste Wissenschaft; bald wird ihr aller wissenschaftliche Charakter abgesprochen, wird sie von dem Freunde der Aufklärung als die Quelle zahlreicher Irrthümer verabscheut, mit der Strenge des Gesetzes und der Geißel des Spottes verfolgt, von den Großen geächtet und mit dem Fluche der Kirche bedroht, bald wieder ist sie der Abgott, dem alle Stände sich beugen, die Wissenschaft, von welcher jeder Belehrung oder Bereicherung erwartet. Bald wird ihre Ausübung nur insgeheim zu betreiben gewagt, bald wird ihr öffentlich der größte Vorschub geleistet. Die Art ihres Einflusses und ihrer Anwendung wechselt; bald erscheint sie in Begleitung aller Ausgeburten geistiger Verblendung und hilft das Ansehen derselben unterhalten, bald wieder zeigt sie sich als eines der wirksamsten Werkzeuge zur Vernichtung des Aberglaubens. Bald wird sie angewandt, um die mystischen Lehren theosophischer Verrücktheit zu unterstützen, bald wird sie als Grundlage des crassesten Materialismus vorgeschoben, bald leitet Habsucht, bald reine Wißbegierde ihr Studium. Die Beschäftigung mit ihr ist bald Sache der Arzneikunde, bald Finanzspeculation, bald soll ihre Ausübung unmittelbar Haufen von Geld hervorbringen, bald soll sie nur mittelbar durch Beförderung der Gewerbe den Wohlstand heben . . . . . Ihre Hilfswissenschaften wechseln. Bald sucht sie sich auf Magie und Kabala, Astrologie und Geisterbeschwörung zu stützen, sucht sie Belehrung in Visionen und Träumen, bald wieder geben die Grundsätze gesunder Philosophie, die nüchterne Anwendung der Mathematik auf zuverlässige Beobachtungen ihre Grundlage ab. Ebenso wechselnd wird ihr Werth als Hilfsmittel anderer Wissenschaften geschätzt. Bald wird sie von Allen zurückgewiesen, höchstens als Kunst betrachtet, die jedes geistigen Gehaltes ermangle, und selbst von den Fächern geleugnet, die ihrer doch kaum entbehren können, bald wieder wird sie als der mächtige Hebel angesehen, Wissenschaften zu fördern, die mit ihr in gar keinem Zusammenhange stehen; werden ihr andere Wissenschaften unbedingt untergeordnet, deren Zweck doch ein ganz anderer ist. Ihre Bekenner und Beförderer gehören allen Ständen an: Kaiser und Könige, wie arme Umzügler, Geistliche, Aerzte, unabhängige Liebhaber der Naturwissenschaften wechseln ab als die Bewahrer ihrer Kenntnisse; bald in Klöstern, bald in Apotheken haben wir den Tempel dieser Wissenschaft zu suchen; zu ihr bekennen sich Taschenspieler und Glücksritter, wie schulgerechte Gelehrte. Aus einem

Digitized by Google

**Der Alchemiſt.**

**Gemälde von David Teniers d. J.**

Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

Digitized by Google

solchen Chaos der verschiedenartigsten Einflüsse bricht sich endlich die heutige Chemie ihre Bahn, ordnet ihr Verhältnis zu anderen Wissenschaften, wird ein wesentlicher Zweig allgemeiner Bildung und nützt mehr in Bewährung einer vielseitigen Anwendbarkeit, als sich je die größten Schwärmer von der Verfolgung einer einseitigen Richtung versprachen." . . . . .

Es wäre aber falsch zu glauben, daß heute die Chemie und ihre Anwendung in der Praxis ein abgeschlossenes Gebiet darstellt. Im Gegentheile! Wir müssen vielmehr sagen, daß wir gerade jetzt am Beginne eines neuen Abschnittes stehen, der manche und tiefgreifende Veränderungen und Umwälzungen auf chemisch-technologischen Gebiete zeitigen wird, und zwar dadurch, daß man beginnt, sich der geheimnisvollsten aller Kräfte, der Elektricität zur Verrichtung chemischer Arbeit zu bedienen.

Vor wenigen Jahrzehnten noch eine fast unbekannte Kraft, die nur dazu verwendet wurde, elegante Experimente auszuführen, hat man jetzt gelernt, die Elektricität auf einfache und billige Weise in großen Mengen zu erzeugen. Man hat gelernt, diese wunderwirkende Kraft mit nur geringen Verlusten weite Strecken fortzuleiten und sie am Bestimmungsorte je nach Bedarf in Licht, Wärme oder Bewegung umzusetzen. Von der größten und weittragendsten Bedeutung war es jedoch, als man begann, diese Kraft auch in die chemischen Industrien einzuführen.

Hier vermag sie sich nach zwei Richtungen zu bethätigen. Sie gestattet einerseits in einfacher Weise hohe Temperaturen, welche man auf andere Art nicht zu erzeugen vermag, hervorzurufen, andererseits ist sie im Stande, selbst chemische Wirkungen auszuüben. So benützt man heute schon die Elektricität zum Schmelzen mancher Metalle, zum Schweißen und Löthen und ein jetzt sehr moderner Stoff, das Calciumcarbid, welches zur Darstellung des Acetylengases dient, wird ausschließlich aus den Rohstoffen, Kohle und Kalk im elektrischen Lichtbogen erschmolzen. Man bedient sich aber auch der Elektricität zur Abscheidung mancher Metalle aus ihren Verbindungen und das durch seine Eigenschaften bestechende Aluminium, ferner die beiden Alkalimetalle, Kalium und Natrium, sind Beispiele für diese Anwendung. Diese Metalle konnte man früher nur auf großen zeitraubenden und kostspieligen Umwegen gewinnen, heute liefert sie die moderne Industrie in jeder Menge und zu einem Preise, der ihrer ausgedehntesten Anwendung nicht hinderlich im Wege steht.

Man hat aber auch gelernt, zahlreiche andere Stoffe, die theils Producte der chemischen Industrien sind, theils von diesen verwendet werden, mit Hilfe des elektrischen Stromes darzustellen. Wir nennen an dieser Stelle nur Sauerstoff, Wasserstoff und Ozon, dann Bleichflüssigkeiten, Phosphor u. s. f. Man hat versucht, auch den elektrischen Strom zur Reinigung von Fabriksabwässern zu verwenden, man benützt ihn in der Zuckerfabrikation, in der Gerberei und zur Darstellung organischer Verbindungen und zu vielen anderen Zwecken. Kurz und gut, die Anwendung, welche die Elektricität in der chemischen Industrie findet, wird von Tag zu Tag größer, sie hat einen besonderen Zweig der Chemie, die Elektro-

Digitized by Google

chemie, ins Leben gerufen und wir werden in diesem Buche noch wiederholt Gelegenheit haben, neue Verfahren zu besprechen, welche unter Verwendung des elektrischen Stromes ausgeführt werden.

Wenn wir uns nun auch mit rein realen Dingen, mit chemischen Vorgängen und Reactionen, mit Vorrichtungen und Maschinen beschäftigen wollen, so brauchen wir uns durchaus nicht der Befürchtung hinzugeben, ein unerquickliches Gebiet zu betreten. Wir dürfen eben nicht vergessen, daß ein unendlicher Scharfsinn erforderlich war, um alle diese Processe zu ersinnen und auszugestalten, daß jedes brauchbare chemische Verfahren einen neuen Sieg des Menschengeistes über die Materie bedeutet und daß die Bereicherung unseres Wissens durch die Beschäftigung mit diesen Vorgängen zum mindesten die gleiche Befriedigung gewähren wird, wie beispielsweise mit Astronomie oder Botanik. Wir haben eben auch hier nur mit einem Theile, mit einem Gebiete der ewigen, unendlichen und einzigen wahren Wissenschaft, der Naturwissenschaft, zu thun.

Auch auf unser Gebiet findet es volle und sinngemäße Anwendung, was Georg Ebers in die schlichten Worte zu kleiden verstand:

„Ja, legt nur in die ewige Natur
Aus Geist und Herzen Euer Bestes nieder,
Sie giebt Euch alles, alles — wartet nur —
Mit vollen Händen hundertfältig wieder."

Digitized by Google

# Der Phosphor und dessen Anwendung.

Um die Mitte des 18. Jahrhundertes lebte zu Hamburg ein Kaufmann Namens Brand. Ursprünglich war er Soldat, aber eine Heirat verschaffte ihm die Mittel, sich dem Kaufmannstande zuzuwenden. Mit dem Gelde hatte er jedoch nicht auch die nöthigen Kenntnisse und Fähigkeiten erworben, seinem Geschäfte in entsprechender Weise vorzustehen, und nach wenigen Jahren hatte er abgewirthschaftet.

Zu jener Zeit stand die Alchemie in höchster Blüthe. Jedermann war überzeugt, daß es möglich sei, unedle Metalle in Gold zu verwandeln und dadurch sonder Mühe und in kurzer Zeit zu ungezählten Reichthümern zu gelangen. Diese Meinung wurde nicht nur durch die damals herrschenden Ansichten, sondern auch durch zahlreiche glaubwürdige Beispiele von glücklich durchgeführten Metallverwandlungen unterstützt. Wie dies zu machen sei, war allerdings ein tiefes Geheimnis, und die wahren Adepten, jene, welche sich als Besitzer des Steines der Weisen ausgaben, hüteten sich in ihren Schriften über dessen Darstellung mehr als höchst nebelhafte und unklare Andeutungen zu geben. Wie erwähnt, war man jedoch ausnahmslos von der Existenz des Steines der Weisen durchdrungen, und groß war daher die Zahl jener, die die Herstellung dieser Substanz versuchten. Dies waren die Alchemisten, auch Brand wandte sich alchemistischen Arbeiten zu, um seine traurigen materiellen Verhältnisse wieder in Ordnung zu bringen.

Merkwürdig waren die Mittel und Wege, wie nicht minder die Substanzen, welche die Alchemisten anwendeten, um ihr Ziel zu erreichen. Wohl kein Körper, der in der Natur vorkommt, wurde unversucht gelassen, alle damals bekannten Operationen und Kunstgriffe wurden angewendet, um diese verschiedenen Stoffe zur Umwandlung in den Stein der Weisen zu bewegen. Es war jene Zeit, von der Faust sagt:



Digitized by Google

„Mein Vater war ein dunkler Ehrenmann,
Der über die Natur und ihre heil'gen Kreise
In Redlichkeit, jedoch auf seine Weise,
Mit grillenhafter Mühe sann;
Der in Gesellschaft von Adepten
Sich in die schwarze Küche schloß
Und nach unendlichen Recepten
Das Widrige zusammengoß.
Da ward ein rother Leu, ein kühner Freier,
Im lauen Bad der Lilie vermählt
Und beide dann mit offenem Flammenfeuer
Von einem Brautgemach ins andere gequält." . . .

Die „Materia prima", aus welcher sich der Stein der Weisen darstellen lassen sollte, wurde nach der unklaren Ausdrucksweise der Alchemisten, die an Stelle einer Bezeichnung eine zahlreiche Deutungen zulassende Umschreibung setzten, überall vermuthet. Die Einen suchten sie in den Metallen oder in der Luft, Andere wieder im Salze, in der Erde, oder in vegetabilischen Stoffen, zahlreiche Anhänger der Alchemie waren dagegen der Meinung, daß sie im menschlichen Körper gefunden werden müsse, da eine so edle Substanz nur durch die alles veredelnde Kraft des menschlichen Körpers, welche unedle Nahrungsmittel in Theile des edlen Organismus verwandle, erzeugt werden könne. Sie waren auch der Ansicht, daß die animalische Lebenskraft selbst Gold hervorzubringen im Stande sei, und Geschichten von Kindern, denen goldene Zähne gewachsen waren, wurden zu jener Zeit ohneweiters geglaubt. Haare, Speichel und Blut waren deshalb auch sehr beliebte Versuchsobjecte, vorzugsweise wurde aber mit Excrementen gearbeitet, da auf diese die Lebenskraft und Lebenswärme am längsten eingewirkt hatte.

Auch Brand schloß sich dieser Schule an, und das Object, dessen er sich mit der größten Vorliebe bediente, war der menschliche Harn. Mit großen Mengen dieses Stoffes stellte er seine Experimente an, er ließ nichts unversucht, um ihn zur Umwandlung in den Stein der Weisen zu zwingen, kam aber, trotz lange andauernder Bemühungen nicht zum Ziele, und war daher auch nicht glücklicher als alle seine Collegen.

Eines Tages destillirte Brand gefaulten und bis zur Syrupdicke eingedampften Harn unter Zusatz von Sand bei starkem Feuer. Zu seinem nicht geringem Erstaunen fand er dann in der Vorlage zwar nicht den gewünschten Liquor, der Silber in Gold verwandeln konnte, wohl aber eine Substanz von ganz merkwürdigen, ganz neuen und wunderbaren Eigenschaften. Diese Substanz war wachsgelb und weich, sie roch nach Knoblauch, und schmolz bei mäßiger Wärme. Das mirakelhafteste war aber, daß der neue Körper im Dunklen mit grünlichem Schimmer leuchtete, alle Gegenstände, ja selbst die Finger der Hand, die damit in Berührung gebracht wurden, begannen zu leuchten, und warf man den Körper in kochendes Wasser, so erstrahlte der Dampf in magischem Lichte. Da der Körper die Eigenschaft besaß, Licht zu verbreiten, so nannte ihn Brand „Phosphor", d. i.

Digitized by Google

Lichtträger. Alle diese neuen und ganz wunderbaren Eigenschaften machten aber den Phosphor zu einer höchst beachtenswerthen und merkwürdigen Substanz, und wenn auch Brand im Jahre 1669 sich noch nicht bewußt war, welchen Werth seine Entdeckung seinerzeit für das Menschengeschlecht erlangen sollte, so war er doch dadurch zum berühmten Manne geworden, und in seiner Ansicht bestärkt, einen wichtigen Schritt zur Darstellung des Steines der Weisen gethan zu haben.

Allenthalben brachte man der neuen Entdeckung das größte Interesse entgegen, und für Brand wurde der Phosphor eine Quelle reicher Einnahmen, denn selbst kleine Mengen wurden ihm mit Gold aufgewogen, und auch die Vorzeigung des Phosphors wurde fürstlich honorirt. Trotzdem dann später, wie wir sehen werden, die Gewinnung des Phosphors aufhörte, ein Geheimnis zu sein, war die Darstellung desselben doch so umständlich, daß noch im Jahre 1730 eine Unze, etwa 31 g mit 16 Ducaten bezahlt wurde.

Zur gleichen Zeit lebten zwei andere Alchemisten, Krafft und Kunckel. Der erste war Arzt und ein unruhiger Geist, den es niemals lange an einem Orte litt, und der den größten Theil seines Lebens, abgesehen von einigen Anstellungen an kurfürstlichen Höfen, wo er Gold machen sollte, auf Reisen zubrachte. Kunckel war im Jahre 1659 als „Kammerdiener, Chymist und Aufseher der Hof- und Leibapotheke" bei den Herzogen Franz Karl und Julius Heinrich von Lauenburg in Dienst gekommen, dann trat er als „Geheimer Kammerdiener und Aufseher des kurfürstlichen Laboratoriums" in die Dienste Johann Georg II. von Sachsen. Da ihm dort aber nicht der versprochene Gehalt gezahlt wurde, ging er 1677 nach Wittenberg, wo er die Erlaubnis erhielt, an der Universität ein Collegium chymicum experimentale zu lesen. Er fand jedoch, daß es ein saurer Bissen Brot ist, von Studiosis sich zu ernähren. „Also ward ich auch dieser Arbeit je länger je überdrüssiger, sahe und befand in meinem Gewissen, daß dergleichen Leute Eltern Geld ich hinführo mit Recht nicht nehmen konnte." Kunckel kehrte neuerdings an den Hof nach Dresden zurück, erhielt jedoch abermals keinen Gehalt, deshalb suchte er sich einen anderen Wirkungskreis, nämlich als Sachverständiger in alchemistischen Dingen, und fand diesen 1679 bei Friedrich Wilhelm von Brandenburg. Im Goldmachen hatte er dort allerdings nichts geleistet, dagegen erwarb er sich große Verdienste um die Glasfabrikation, was ihm dauernd die Gunst seines Herrn erhielt. Nach dem Tode des großen Kurfürsten wurde er aber zur Seite geschoben und 1689 folgte er einer Aufforderung des Königs Karl XI. von Schweden, in dessen Dienst zu treten. Er wurde in Stockholm zum Bergrath ernannt, 1693 als Kunckel von Löwenstern in den Adelsstand erhoben; 1703 starb er auf seinem Gute Dreißighufen bei Bernau in der Mark.

Kunckel war nun in Dresden mit Krafft bekannt geworden, und schlug diesem vor, von Brand das Geheimnis der Darstellung des Phosphors käuflich zu erwerben und gemeinsam zu verwerthen. Krafft ging scheinbar auf diesen Vorschlag ein, reiste jedoch heimlich zu Brand und erwarb dessen Entdeckung um die für jene Zeit horrende Summe von 200 Thalern. Nun suchte er auf seine



Digitized by Google

Kosten zu kommen, indem er heimlich an den Höfen auftauchte, und aus der Vorzeigung und dem Verkaufe des Phosphors reiche Revenuen bezog. Kunckel, der damals zu Wittenberg weilte, erfuhr von dem Vertragsbruche Krafft's und setzte nun seinen Ehrgeiz daran, selbst hinter das Geheimnis der Phosphorbereitung zu kommen. Er wußte nur, daß Brand diesen aus Harn dargestellt hatte, und nach mehrwöchentlicher Bemühung glückte ihm auch die Darstellung im Jahre 1676. Kunckel hatte somit unabhängig von Brand den Phosphor neuerdings entdeckt, von dieser Entdeckung hat er jedoch nur sehr geringe materielle Vortheile gehabt, denn er und Brand, sowie Krafft, der ebenfalls das Geheimnis kannte, machten sich nun Concurrenz, und schließlich lehrten sie jedem die Darstellung, der ein Honorar im Betrage von 10 Thalern entrichtete.

Nun wollen wir uns das Verfahren, nach welchem Brand und Kunckel den Phosphor darstellten, näher betrachten. Beide verwendeten faulen, bei milder Wärme langsam bis zur Syrupdicke eingedampften Harn, mischten diesen mit der dreifachen Menge weißen Sandes und erhitzten nun mehrere Stunden bei mäßigem Feuer in einer Retorte, bis alles Flüchtige überdestillirt war und die Masse zu verkohlen begann. Dann wurde die Glut angefacht, es traten zunächst weiße Dämpfe über, dann folgten solche, welche in bläulichem Lichte erstrahlten, und schließlich wurde durch die stärkste Hitze der Phosphor übergetrieben.

Nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen der Chemie wissen wir, daß die Erzeugung eines Elementes — und ein solches ist der Phosphor — aus anderen Stoffen nicht möglich ist, der Phosphor muß daher im Harne enthalten sein, woraus er durch die geschilderten Operationen in elementarer Form abgeschieden wird.

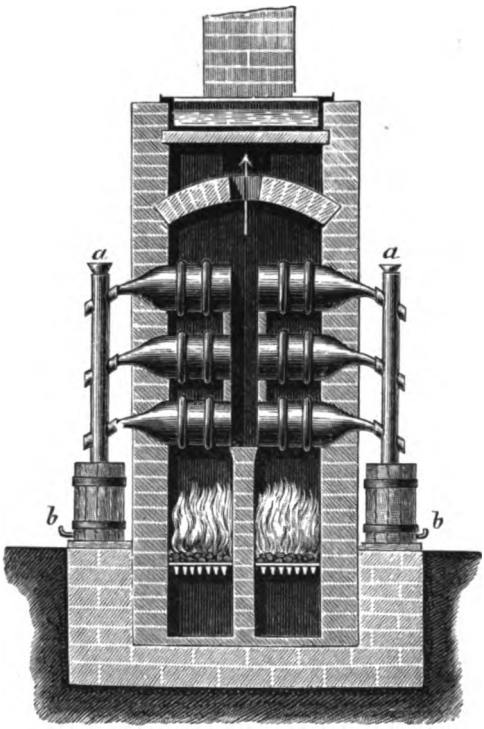
Im Organismus spielt der Phosphor eine bedeutende Rolle, Verbindungen desselben werden stets mit den Nahrungsmitteln aufgenommen, im Körper betheiligt er sich in hervorragendem Maße an dem Aufbaue der Knochen. Ein Theil der Verbindungen des Phosphors gelangt jedoch stets wieder zur Abscheidung, welche durch die Nieren erfolgt, und so ist es erklärlich, daß sich im Harne Salze der Phosphorsäure, vornehmlich saures phosphorsaures Natrium vorfinden.

Das phosphorsaure Natrium ist eine Verbindung, bestehend aus Phosphor, Sauerstoff und Natrium, soll daher daraus der Phosphor als solcher abgeschieden werden, so muß er aus der innigen Verbindung mit Sauerstoff losgerissen werden. Dies geschieht am besten in der Weise, daß man das phosphorsaure Salz unter Luftabschluß mit Kohle erhitzt. Diese vermag dann nicht zu verbrennen, da dazu der freie Sauerstoff unumgänglich nöthig ist, doch ist ihre Begierde nach Sauerstoff so groß, daß sie in Ermangelung des Luftsauerstoffes bei höherer Temperatur sich des im phosphorsauren Natrium vorhandenen Sauerstoffes bemächtigt. Und zwar verbindet sie sich mit diesem zu dem bekannten Kohlenoxyd, welches sich auch bei der unvollständigen Verbrennung der Steinkohle in schlecht construirten Oefen bildet, und eingeathmet höchst giftig wirkt. Die Kohle hatte nun Brand durch Verkohlung der organischen Substanz des Harnes erhalten, der Zusatz von Sand,

Digitized by Google

und zwar von Quarzsand, welcher Siliciumdioxyd, eine Verbindung des Elementes Silicium mit Sauerstoff ist, bewirkt die Bindung des Natriums zu kieselsaurem Natrium, oder, wenn phosphorsaurer Kalk aus Ausgangsmaterial verwendet wird, zu kieselsaurem Kalk.

Wie erwähnt, ist der Phosphor in der Natur weit verbreitet. Die Knochen der Menschen und Thiere bestehen zum größten Theile aus phosphorsaurem Kalk und phosphorsaurer Magnesia, außerdem kennen wir auch Mineralien, wie den Phosphrit, Apatit, Vivianit u. a., welche Phosphorsäure, gebunden an Kalk, Thonerde und Eisen enthalten.



Ofen zur Gewinnung von Phosphor.

Das wichtigste Ausgangsmaterial für die Darstellung des Phosphor im Großen bilden die Knochen, nachdem man aus ihnen das Fett und den Leim gewonnen hat. Dann werden sie zur Zerstörung der noch vorhandenen organischen Substanz erhitzt, in „Knochenasche" verwandelt, und diese besteht vornehmlich aus phosphorsaurem Kalk und phosphorsaurer Magnesia. Die Form des phosphorsauren Kalkes, welcher in den Knochen auftritt, ist in Wasser unlöslich, durch Behandlung mit Schwefelsäure vermögen wir jedoch daraus ein in Wasser lösliches Kalksalz der Phosphorsäure darzustellen, da die Schwefelsäure im Kampfe mit der Phosphorsäure diese überwindet und sich des Kalkes bemächtigt. Je nach der Menge der zugesetzten Schwefelsäure hat man es nun in der Hand, dem unlöslichen phosphorsaurem Kalke allen, oder nur einen Theil des Kalkes zu entziehen, welcher sich dann mit der Schwefelsäure zu unlöslichem schwefelsauren Kalk, Gips, vereinigt. Wenn wir dem phosphorsauren Kalk jedoch zwei Drittel seines Kalkgehaltes nehmen, so entsteht neben Gips der in Wasser lösliche sogenannte einbasisch-phosphorsaure Kalk.

Diese Operation wird in großen, mit Blei ausgekleideten Bottichen vorgenommen. Die Aufgabe des Analytikers ist es zunächst, die Menge des in der Knochenasche enthaltenen sogenannten dreibasisch-phosphorsauren Kalkes zu ermitteln, dann wird die zur Umwandlung in das einbasische Phosphat erforderliche, leicht

Digitized by Google

zu berechnende Menge Schwefelsäure zufließen gelassen, wobei sich Gips ausscheidet, einbasisch-phosphorsaurer Kalk aber in Lösung geht. Man überläßt nun den Inhalt der Kufe der Ruhe, damit sich der Gips am Boden ablagern kann, und zieht dann die klare Flüssigkeit ab. Diese wird stark eingedampft, mit Holzkohlenpulver gemischt, zur Trockene gebracht, und aus kleinen Retorten destillirt. Es findet nun der oben geschilderte Proceß statt, durch Zusatz von Quarzsand sorgt man für die Bindung des Kalkes, da man sonst nicht allen Phosphor gewinnen würde, und es entweicht Phosphordampf und Kohlenoxyd.

Die Abbildung auf Seite 21 veranschaulicht den zur Gewinnung des Phosphors dienenden Apparat. Aus den über der Feuerung angeordneten Retorten gelangen die Dämpfe durch die Thonrohre a in die mit Wasser gefüllte Vorlage b, in welcher sich der Phosphor verdichtet, während das Kohlenoxyd entweicht. Der sich hier ansammelnde Phosphor ist jedoch noch nicht genügend rein, hauptsächlich ist er durch mitgerissene Kohlentheilchen verunreinigt. Um ihn von diesen zu befreien, wird er unter Wasser geschmolzen — sein Schmelzpunkt liegt bei 44° — und dann durch Gemsleder gepreßt, durch dessen Poren nur der geschmolzene Phosphor geht, während die beigemengten Verunreinigungen zurückbleiben. Der leichten Entzündlichkeit des Phosphors wegen muß diese Operation ebenfalls unter Wasser vorgenommen werden. Ein weiteres Verfahren der Raffination werden wir noch kennen lernen.

In neuerer Zeit wird der Phosphor nach einem von dem geschilderten in einigen wesentlichen Punkten abweichenden Verfahren gewonnen und dadurch nicht nur eine bessere Ausbeute, sondern auch ein werthvolleres Product erhalten. Und zwar wandelt man das Rohmaterial nicht in einbasisch-phosphorsauren Kalk um, sondern scheidet direct daraus die Phosphorsäure im freien Zustande ab. Man erreicht dies dadurch, daß eine solche Menge Schwefelsäure zugegeben wird, welche ausreicht, allen vorhandenen Kalk — also nicht wie bei dem alten Verfahren nur zwei Dritttheile desselben — in Gips überzuführen. Die Zersetzung wird in hölzernen, mit Rührwerken versehenen Bottichen unter Erhitzung durch direct einströmenden Dampf vorgenommen, nach mehrstündigem Rühren kommt die Masse in hölzerne, mit Blei ausgelegte Filterkästen. Hier hat nun die in Lösung befindliche freie Phosphorsäure Gelegenheit abzufließen; der Gipsbrei wird noch mit Wasser ausgewaschen.

Die Phosphorsäurelösung wird nun mittelst Dampfstrahlelevatoren in Sammelbehälter gehoben und gelangt von da nach den Eindampfapparaten, in welchen sie eingeengt wird.

Hier scheidet sich abermals Gips aus, welcher durch Abgießen und Filtriren entfernt wird.

Der syrupdicken Flüssigkeit wird nun Holzkohle — oder Coakspulver, nach Readmann in einer Menge bis zu 25% — zugesetzt, das Gemisch in eisernen Kasten getrocknet, und schließlich bis zur Destillation in luftdicht schließenden eisernen Behältern aufbewahrt.

Digitized by Google

Die Destillation wird in kleinen flaschenförmigen Retorten ausgeführt. Als Material zur Herstellung derselben dient nur der beste Stourbridge-Thon, die Wandungen sind ungefähr 25 mm dick bei einer Länge von 900 mm und 280 mm lichter Weite. Diese Retorten werden in einem, dem oben abgebildeten ganz ähnlichen Ofen eingesetzt, die engen Hälse ragen auf jeder Seite des Ofens 25 bis 30 mm aus dem Mauerwerke hervor; jeder der Oefen faßt 28 Retorten. Ihre Mündungen sind mittelst schmiedeiserner oder kupferner Röhren mit den Condensatoren verbunden, an den Verbindungsstellen wird die Dichtung durch aufgestrichenen Thon erzielt. Die Condensationströge enthalten heißes Wasser, damit der condensirte Phosphor schmelzen und nach der tiefsten Stelle fließen kann, wo er ausgeschöpft wird. Jede Retorte wird mit 10 bis 15 kg der Mischung beschickt, die Destillation selbst dauert 15 Stunden. Der auf diese Weise gewonnene Rohphosphor besitzt eine dunkelmahagonibraune Farbe und enthält noch zahlreiche Verunreinigungen.

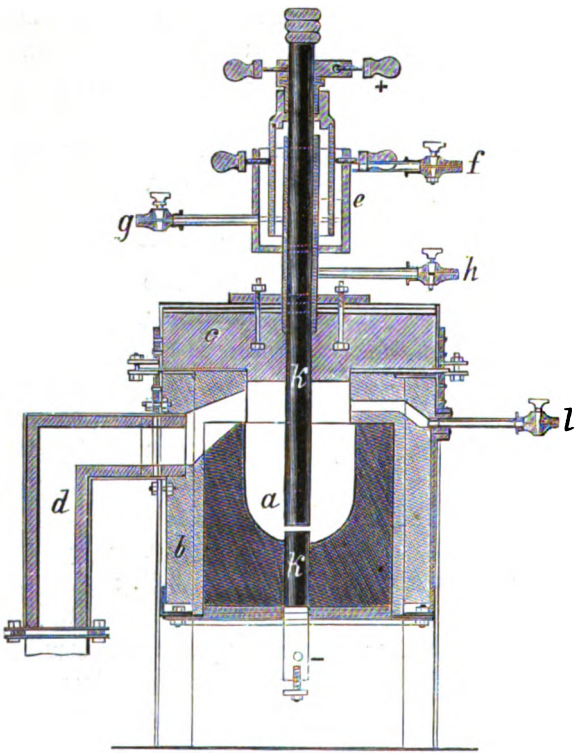
Zur Reinigung wird er unter Wasser in einem mit Blei ausgelegten cylindrischen Gefäße geschmolzen, ein Theil des Wassers abgegossen, und nun werden etwa 4% vom Gewichte des rohen Phosphors an Kaliumbichromat (rothes chromsaures Kalium) zugegeben. Setzt man nun Schwefelsäure zu, so verbindet sich diese mit dem Kalium und es tritt in der Lösung freie Chromsäure auf, welche stark oxydirend auf die Verunreinigungen einwirkt, so daß der Phosphor sehr rein und fast farblos wird. Eine weitere Reinigung erfolgt, wenn nöthig, noch durch neuerliche Destillation aus eisernen Retorten; diese Operation kann bei sehr niederer Temperatur vorgenommen werden.

In den Handel pflegt man den Phosphor in Form dünner Stangen oder keilförmiger Stücke zu bringen. Zur Darstellung der Stangen schmilzt man den Phosphor unter Wasser in einem Gefäße, von dessen tiefster Stelle aus sich ein Kupfer- oder Glasrohr, welches in kaltem Wasser liegt, fortsetzt. Der geschmolzene Phosphor tritt in dieses Rohr ein, erstarrt jedoch sehr rasch und wird durch den Druck der geschmolzenen Masse langsam vorwärtsgeschoben. Am Ende der Röhre kann man dann fortwährend langsam eine Stange festen Phosphors herausziehen, die unter Wasser in Stücke zerschnitten wird. Zur Herstellung der Keile schmilzt man den Phosphor unter Wasser in einem cylindrischen Gefäße und schiebt in dieses eine keilförmige Blechform ein, so daß die einzelnen Abtheilungen derselben von der flüssigen Phosphormasse ausgefüllt werden. Durch Einstellen in kaltes Wasser ruft man die Erstarrung hervor, worauf die einzelnen Stücke aus der Form gestoßen werden.

In allerjüngster Zeit haben wir noch einen weiteren und bedeutenden Fortschritt in der Gewinnung des Phosphors zu verzeichnen, nämlich seine Gewinnung unter Benützung des elektrischen Stromes als Wärmequelle. Dieses, von Readmann und Parker angegebene Verfahren besteht darin, daß ein Gemenge von phosphorsaurem Kalk, Kohle und Sand oder besser Kaolin in einen elektrischen Ofen besonderer Construction eingetragen wird. Die hohe Temperatur des elektrischen

Digitized by Google

Lichtbogens, der im Inneren des Ofens entsteht, bewirkt die Austreibung des Phosphors, der durch geeignete Vorrichtungen abgeleitet und aufgefangen wird. Um eine Verbrennung des Phosphordampfes im Inneren des Ofens zu verhüten, wird durch diesen während der Dauer des Processes ein Strom eines indifferenten Gases, etwa Leuchtgas oder Kohlensäure geleitet. Dieses Verfahren hat sehr rasch in allen bedeutenderen Phosphorfabriken, deren es eigentlich nur sehr wenige giebt, Eingang gefunden, seine Bedeutung für die Darstellung des Phosphors geht aber schon aus der Thatsache hervor, daß, wie behauptet wird, in der großen neuen Phosphorfabrik zu Wedensfield in England nach dem elektrischen Verfahren jetzt schon mehr Phosphor erzeugt wird als in allen anderen Fabriken der Welt zusammengenommen. Der werthvollste und wesentlichste Vortheil dieses Verfahrens ist jedoch darin gelegen, daß es den ununterbrochenen Betrieb gestattet. Die nach Abdestillirung des Phosphors hinterbleibende Schlacke befindet sich dank der enormen Temperatur, welche in solchen Oefen erzeugt werden kann, im dünnflüssigen Zustande, von Zeit zu Zeit wird sie abgestochen und neues Material aufgegeben; dieses Verfahren gestattet auch bis zu 86% des in den Ofen gebrachten Phosphors zu gewinnen.




Elektrischer Ofen zur Destillation des Phosphors.

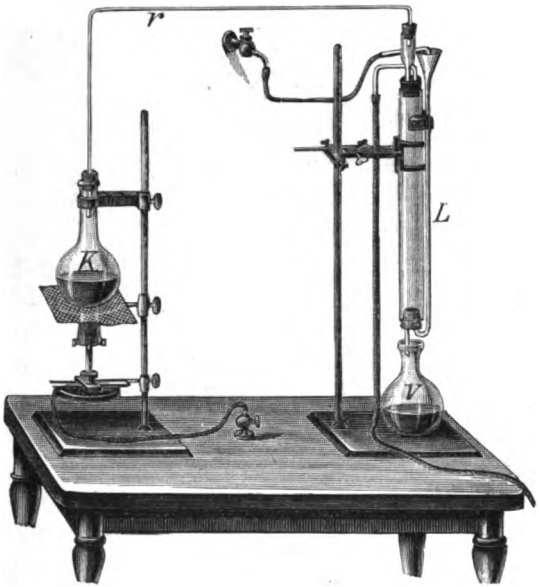
a Kohlentiegel, b Thonmantel, c Graphitdeckel, d Ableitungsrohr für das Destillat, e hydraulischer Verschluß, f Kühlwasserablauf, g Kühlwasserzulauf, h und l Gaszuführung, k Kohleelektroden.

Der Phosphor ist im reinen Zustande eine gelbe, wachsartige Substanz, welche sich mit dem Messer schneiden läßt und im Dunklen leuchtet. Diese Erscheinung, welche, wie wir gesehen haben, das Erstaunen der Alchemisten hervorrief, kommt dadurch zu Stande, daß sich der Phosphor an der Luft langsam mit Sauerstoff verbindet — oxydirt —, es findet also eine langsame Verbrennung statt,

Digitized by Google

denn jeder Verbrennungsvorgang ist nur eine Verbindung mit Sauerstoff, bei welcher Wärme frei wird. Auch bei der langsamen Oxydation des Phosphors wird Wärme frei. Läßt man daher ein größeres Stück an der Luft liegen, so erwärmt sich dieses mehr und mehr, es schmilzt und schließlich steigert sich die Temperatur bis zum Entzündungspunkte, welcher wenig über dem Schmelzpunkte liegt.

Dem menschlichem Organismus gegenüber verhält sich der gelbe Phosphor als ein starkes Gift. Schon eine Dosis von 0·1 g vermag den Tod herbeizuführen, geringere Mengen erzeugen ganz charakteristische Vergiftungserscheinungen, und selbst der Phosphordampf wirkt giftig und führt zu einer eigenthümlichen, seinerzeit in den Zündhölzchenfabriken leider nur zu häufigen Erkrankung, der Phosphornekrose, welche mit der Auflockerung der Kieferknochen beginnt und mit der völligen Zerstörung derselben endet. In den letzten Jahren ist diese fürchterliche Krankheit, dank den umfassenden Vorkehrungen durch Ventilation ꝛc., immer seltener geworden.



Apparat zum Nachweis des Phosphors.

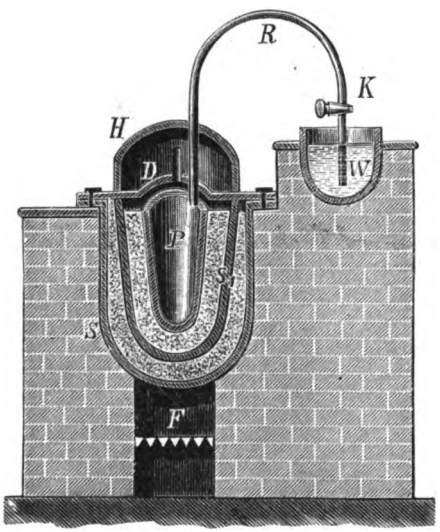
Wird Phosphor mit Wasser gekocht, so verflüchtigt er sich mit dem Wasserdampfe, und die Dampfwolken leuchten im Dunklen. Da die Vergiftung mit Phosphor, beziehungsweise Phosphorzündhölzchen noch immer eine ziemlich beliebte Todesart ist, tritt häufig an den Gerichtschemiker die Aufgabe heran, Phosphor in Leichentheilen, besonders im Mageninhalte nachzuweisen, dieser Nachweis beruht auf der erwähnten Eigenschaft.

Bringt man nämlich in den Kolben K des von Mitscherlich angegebenen Apparates den mit Wasser verdünnten Mageninhalt, und verbindet man K durch das Rohr r mit dem Kühler L, worauf man den Inhalt des Kolbens K zum Kochen erhitzt, so tritt, falls Phosphor vorhanden ist, dessen Dampf mit den Wasserdämpfen nach L über. In der Vorlage V sammelt sich der verdichtete Wasserdampf, und falls größere Mengen Phosphor zugegen waren, auch dieser an; an jener Stelle des Kühlers, an welcher sich die Phosphordämpfe mit der Luft berühren, bemerkt man im Dunklen einen in grünlichem Lichte strahlenden, auf und ab wogenden Ring, der die Anwesenheit selbst geringer Phosphormengen mit Sicherheit erkennen läßt. Entfernt man schließlich die Heizflamme von K und

Digitized by Google

giebt man dadurch der Luft Gelegenheit nach K vorzudringen, so leuchtet in diesem Momente der ganze Apparat in grünlichem Lichte.

Der Phosphor ist ein in mannigfacher Hinsicht hochinteressantes Element. Außer durch seine leichte Entzündbarkeit, seine giftigen Eigenschaften und sein Vermögen, im Dunklen zu leuchten, ist er auch dadurch auffällig, daß wir außer dem besprochenen, gelben oder gewöhnlichen Phosphor noch zwei andere Modificationen desselben kennen. Wird nämlich Phosphor in zugeschmolzenen Rohren mit Blei etwa 40 Stunden lang bei mäßiger Rothglut erhitzt, so scheidet er sich nach dem Erkalten in Krystallen ab, welche in dünnen Blättchen roth erscheinen.




Apparat zur Darstellung des rothen Phosphors.

P Glas- oder Porzellangefäß, S, $S_1$ Sandbäder, D, H Deckel, R Rohr, K Hahn, W Gefäß mit Wasser, F Feuerung.

Weit wichtiger als diese Modification ist aber der im Jahre 1845 von Professor Schrötter in Wien entdeckte rothe oder amorphe Phosphor, und zwar aus dem Grunde, da er nicht nur weit weniger entzündlich ist wie sein gelber Bruder, er verträgt auch Stoß und Reibung, ohne zu entflammen, verändert sich nicht an der Luft und ist nicht giftig. Dagegen ist er höchst verwendbar zur Herstellung von Reibzündhölzern, und heute haben die mit rothem oder amorphem Phosphor bereiteten, sogenannten „schwedischen" Zündhölzer die unter Zuhilfenahme von gelbem Phospor dargestellten schon fast vollständig verdrängt.

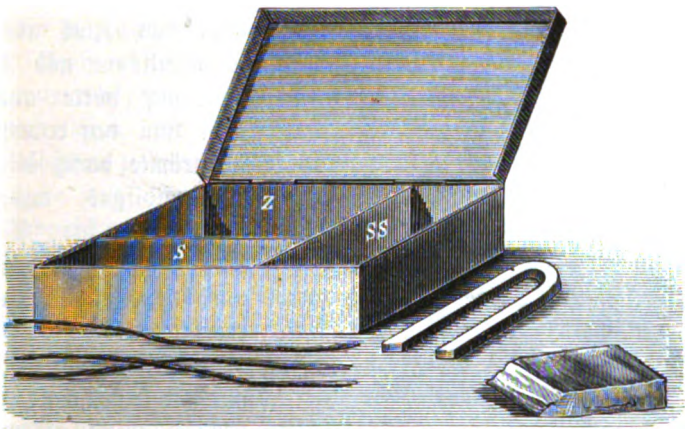
Die Umwandlung des gelben Phosphors in rothen geschieht durch die Einwirkung von Licht oder Wärme; am raschesten vollzieht sie sich bei einer Temperatur zwischen 240 und 250°. Erhitzt man jedoch stärker, so geht der rothe Phosphor wieder in gelben über.

Zur Darstellung des rothen Phosphors bringt man gelben in ein Gefäß, welches mit einem gut schließenen Deckel versehen ist. Von diesem führt ein Rohr nach einem mit Wasser gefüllten Gefäße, in welches es eintaucht. Erhitzt man nun vorsichtig, so verzehrt der Phosphor zunächst den in dem Gefäße vorhandenen Luftsauerstoff; ist dies geschehen, so wird der Hahn K geschlossen und nun erfolgt die Umwandlung glatt und ohne Verlust, da Luft nicht eindringen kann. Nach Beendigung des Processes findet man dann in dem Kessel den rothen Phosphor, der unter Wasser zerrieben, und durch eine weitere Behandlung von möglicherweise noch beigemengtem unveränderten gelben Phosphor befreit wird. Da schon eine geringe Beimengung gelben Phosphors zur Entzündung führen

Digitized by Google

kann, bewahrt man auch diese, weitaus ungefährlichere Modification stets unter Wasser auf.

Der gelbe Phosphor dient verschiedenen Zwecken. Er wird als Arzneimittel gebraucht, in der Industrie der Theerfarben findet er Anwendung, das durch Verbrennen des Phosphors erhaltene Phosphorpentoxyd, eine Verbindung, welche außer Phosphor nur Sauerstoff enthält, besitzt die Eigenschaft, sehr begierig Feuchtigkeit anzuziehen, weshalb man sie als Trocknungsmittel im Laboratorium, um Gase zu trocknen, verwendet; endlich dient Phosphor seiner Giftigkeit wegen auch zur Vertilgung von Mäusen und Ratten, indem man daraus unter Zuhilfenahme von Mehl und Wasser Pillen formt und diese ausstreut. Es ist dies zwar eine ziemlich zuverlässige, aber durchaus nicht ungefährliche Vertilgungsart, da




Stahl, Stein und Zunderbüchse.

nicht nur andere Thiere, sondern auch Kinder durch solche Pillen zugrunde gehen können.

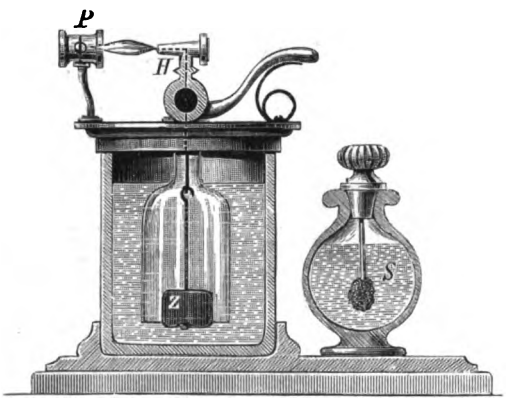
Die wichtigste Anwendung findet jedoch der Phosphor zur Herstellung der Reibhölzchen und dadurch, daß Brand's Entdeckung den Menschen es möglich machte, stets in müheloser Weise sich die kostbare Gabe des Feuers zu verschaffen, wurde er gewissermaßen zum neuen Prometheus, von dem die Sage berichtet, daß er den Göttern das heilige Feuer, das diese sorgsam bewachten, entwendet hat.

Die Bedeutung der Reibzündhölzchen wird uns aber erst recht klar, wenn wir uns vergegenwärtigen, wie schwierig es eigentlich früher, vor ihrer Erfindung war, sich Feuer zu verschaffen. Wenn wir von der primitiven Feuerbereitung der Wilden, welche darin besteht, daß zwei geeignete Holzstücke so lange aneinander gerieben werden, bis sie sich entzünden, absehen, so war das einzige Mittel Feuer zu bekommen Jahrtausende hindurch ausschließlich das Feuerschlagen. Stahl, Stein

Digitized by Google

und Zunder bildeten noch zu Beginn dieses Jahrhundertes ein ebenso wichtiges Geräth jeder Haushaltung wie heute die Büchse mit den Zündhölzchen.

Als ein großer Fortschritt wurde es betrachtet, als die Döbereiner'sche Zündmaschine im Jahre 1829 bekannt wurde. Diese war das erste auf chemischen Vorgängen beruhende Feuerzeug und functionirt in folgender Weise: Ein cylindrisches Glasgefäß war durch einen lose aufliegenden Deckel verschlossen, an dem Deckel war ein weites Glasrohr befestigt, welches in den Cylinder ragte. Innerhalb dieses Glasrohres besaß der Deckel eine Durchbohrung, welche sich in ein durch einen Hahn H verschließbares Röhrchen fortsetzte. Ferner hing innerhalb dieses Glasrohres an einem Drahte ein Stück Zink Z herab. Wurde nun verdünnte Schwefelsäure in das Gefäß gefüllt, so entwickelte diese in Berührung mit dem Zink Wasserstoff, welcher sich innerhalb des Glasrohres ansammelte und von dort die Schwefelsäure verdrängte. Dadurch kam auch das Zink außerhalb der Schwefelsäure und die Gasentwickelung hörte auf. Oeffnete man nun den erwähnten Hahn, so strömte durch das Röhrchen Wasserstoffgas aus, während gleichzeitig die Schwefelsäure stieg, wieder das Zink umspülte und neuerdings Wasserstoffgas erzeugt wurde.



Döbereiner's Feuerzeug.

Das Wasserstoffgas besitzt nun die Eigenschaft, sich zu entzünden, wenn es auf Platinschwamm strömt. Platinschwamm ist metallisches Platin in sehr feiner Vertheilung, und dieser wieder vermag Sauerstoff aus der Luft zu verdichten. Trifft das Wasserstoffgas mit diesem verdichteten Sauerstoffe zusammen, so findet eine lebhafte Oxydation des Wasserstoffes statt, dabei wird eine solche Wärmemenge erzeugt, daß der Platinschwamm zu glühen beginnt, und endlich steigt die Temperatur so hoch, daß sich der Wasserstoff entzündet. Das wohl sehr heiße, aber fast nicht leuchtende Wasserstoffflämmchen brennt so lange fort, als der Hahn offen gehalten wird. Bei P war ein solcher Platinschwamm eingesetzt. An dem Wasserflämmchen konnte dann der mit Spiritus getränkte Schwamm S entzündet werden.

Einen so großen Fortschritt nun auch Döbereiner's Zündmaschine bedeutete, so war sie doch nicht frei von verschiedenen Mängeln. Das Zink und die Schwefelsäure mußten häufig erneuert werden, der Platinschwamm versagte nach einiger Zeit. Er ließ sich allerdings durch Ausglühen wieder wirksam machen, aber das Feuerzeug selbst war sehr voluminös und nicht transportabel.

Digitized by Google

Die Idee, durch chemische Vorgänge sich Feuer zu verschaffen, war aber damit gegeben, und die ersten „Zündhölzer" waren eine weitere Ausgestaltung derselben. Zur Uebertragung des Feuers bediente man sich nämlich kurzer Holzstäbchen, deren Ende in geschmolzenen Schwefel getaucht worden war. Man präparirte nun die Köpfe solcher Hölzchen mit einem Gemische, bestehend aus chlorsaurem Kalium und Zucker, ein solches Gemenge entzündet sich sehr lebhaft bei Berührung mit concentrirter Schwefelsäure. Um diese „Tunkzündhölzchen" zur Entflammung zu bringen, stieß man sie mit dem präparirten Ende auf Asbest, welcher mit concentrirter Schwefelsäure getränkt war; dieser wurde in einem weithalsigen, durch einen gut passenden Glasstöpsel verschließbaren Fläschchen aufbewahrt. Diese Hölzchen zündeten zwar ziemlich sicher, doch ist das chlorsaure Kalium eine sehr gefährliche Substanz, die Entzündung erfolgte gewöhnlich unter lebhafter Verpuffung, Theile der Zündmasse wurden umhergeschleudert und drohten Feuer auch an solchen Orten zu legen, wo man seiner nicht bedurfte. Auch mußte die Schwefelsäure sehr concentrirt sein; hatte man es einmal unterlassen, das den Asbest enthaltende Fläschchen zu verschließen, und stand es längere Zeit offen, so war es gewöhnlich unbrauchbar geworden, denn die Schwefelsäure besitzt die Eigenschaft, begierig aus der Luft Feuchtigkeit anzuziehen, wodurch sie immer verdünnter wird.

Tunkfläschchen.

In England wurden diese Feuerzeuge allerdings in der Weise verbessert, daß man das Gemenge von chlorsaurem Kalium und Zucker nebst einem zugeschmolzenen, concentrirte Schwefelsäure enthaltenden Glasröhrchen in eine kleine Papierrolle einschloß, man brauchte dann nur das Glasröhrchen zwischen festen Körpern zu zerdrücken, um Feuer zu bekommen. Auf dem Continente faßte diese Verbesserung jedoch nicht festen Fuß, da hier bald die ersten Reibzündhölzchen bekannt wurden. Bei diesen diente ebenfalls chlorsaures Kalium als Zündpräparat, jedoch nicht im Gemenge mit Zucker, sondern mit Schwefelantimon. Ein solches Präparat besitzt die Eigenschaft, durch Schlag oder Stoß, sowie durch genügend kräftige Reibung äußerst heftig zu explodiren. Hölzchen, welche mit einem Kopfe aus dieser Mischung versehen waren, wurden zwischen zwei Stücken Glaspapier rasch durchgezogen, und auf diese Weise zur Entzündung gebracht. Hier machte sich jedoch die unangenehme Eigenschaft des chlorsauren Kaliums, zu heftig zu wirken, noch unliebsamer bemerkbar; man sann daher auf Verbesserungen, und diese wurden endlich auch darin gefunden, daß man an Stelle des Schwefelantimons Brand's Entdeckung, den Phosphor, anwendete, welcher ebenfalls die Eigenschaft besitzt, sich durch Reibung zu entzünden.

Digitized by Google

Die Frage, wer eigentlich als Erfinder der Phosphorzündhölzer anzusehen sei, war lange Zeit unentschieden, und bald wurde ein Deutscher Namens Kammerer, bald ein Wiener Fabrikant, Stefan Römer, genannt. In jüngster Zeit scheint nun doch mit ziemlicher Sicherheit erwiesen worden zu sein, daß die Erfindung keiner von beiden, sondern ein junger Student am Wiener Polytechnischen Institute, Irinyi mit Namen, gemacht haben soll. Ueber dieses gewiß interessante Thema veröffentlichte Ed. Jensch in der „Zeitschrift für angewandte Chemie" ein Schreiben eines Freundes und Studiencollegen des genannten Irinyi, des Amtsvorstehers Karl Ludwig zu Trebbin, Kreis Teltow; dieses Schreiben besitzt folgenden Wortlaut:

„Im Jahre 1835 hörte ich unter Professor Paul Traugott Meißner am Wiener Polytechnikum Chemie. Der Professor trug eines Tages vor, daß, wenn Bleihyperoxyd (braunes Bleioxyd) mit Schwefel in einer Reibschale zusammengerieben wird, leichte Detonationen unter Lichterscheinung erfolgen. Von allen Zuhörern war Irinyi der einzige, welcher mit lebhaftem Interesse diesen Vorgang beobachtete, in der richtigen Erwägung, daß, wenn statt des Schwefels Phosphor mit braunem Bleioxyd in Verbindung gebracht werden könnte, ein weit kräftigerer Entzündungsproceß entstehen müßte. Irinyi kam mehrere Tage nicht in die Vorlesung. Ich wollte ihn besuchen, fand indes seine Thür verschlossen. Bei Nennung meines Namens rief der biedere Ungar mir zu: „Geh' weg, Schwab', ich mach' eine Erfindung." Anderen seiner Bekannten erging es nicht besser, auch sie wurden nicht eingelassen. Nach einigen Tagen erschien er wieder in der Vorlesung, alle Taschen gefüllt mit seinen Zündhölzchen, strich mit diesen an den Wänden herum, und ein jedes fing Feuer. Ihm war es gelungen durch Granulation den Phosphor in Banden zu schlagen und als Zündstoff verwendbar zu machen. Der Phosphor wurde in concentrirter Gummilösung geschmolzen und so lange geschüttelt, bis die ganze Lösung erkaltet und der Phosphor in derselben als feiner Staub vertheilt war. In diese Gummiphosphoremulsion wurde braues Bleioxyd gemengt und die zuvor in schmelzenden Schwefel getauchten Hölzchen in dieselbe getunkt. Irinyi verkaufte seine Erfindung an den späteren Zündholzfabrikanten Stefan Römer in Wien für 7000 fl. Dieser unerwartete Gewinn verschaffte dem jugendlichen Erfinder ein allzu vergnügtes Leben, was nicht zu seinem Vortheile gereichte."

Nicht unerwähnt wollen wir jedoch lassen, daß W. Jettel, der Vorstand des Vereines der Deutschen Zündwaarenfabrikanten, die Priorität der Erfindung der Phosphorzündhölzchen dem Chemiker Johann Friedrich Kammerer aus Ludwigsburg zuspricht, der sie im Jahre 1833 als politischer Gefangener auf dem Hohenasperg, wo ihm die Erlaubnis ertheilt wurde, sich mit Chemie zu beschäftigen, gemacht haben soll.

Die ersten in den Handel gebrachten Zündhölzer waren gegenüber jenen, welche wir heute zu verwenden gewohnt sind, noch sehr unvollkommen, sie sprühten nach der Entzündung lebhaft Funken und wurden deshalb im Jahre 1835 in fast allen deutschen Staaten verboten. Zum Theile war aber der Vorwurf der „Feuer-

Digitized by Google

gefährlichkeit" auch begründet, denn die ersten Zündmassen enthielten neben Phosphor durchaus chlorsaures Kalium, und um dem Publicum, welches sehr leichte Entzündbarkeit wünschte, entgegenzukommen, wurden übergroße Phosphormengen verwendet. In der Folge traten auch beim Transport und Lagern häufig Entzündungen ein und die verschiedenen Regierungen sahen sich veranlaßt, entweder, wie schon erwähnt, den Verkauf dieser Zündhölzchen ganz zu untersagen, oder doch Vorschriften über die Verpackung ꝛc. zu erlassen, welche der Entwickelung der jungen Industrie sehr hindernd im Wege standen.

Erst im Jahre 1837 gelang es den Wiener Fabrikanten Preshel und Trevani, das chlorsaure Kalium aus der Zündmasse zu eliminiren und durch Bleihyperoxyd zu ersetzen (was übrigens, wie wir gesehen haben, schon Irinyi gethan hatte) und dadurch eine Zündmasse von derart vollkommener Zusammensetzung zu schaffen, daß sie auch heute noch als mustergiltig angesehen werden kann. Der nächste bedeutende Fortschritt, der dann noch zu verzeichnen war, bestand in dem Ersatze des giftigen, gelben Phosphor durch den ungiftigen rothen, welcher jedoch in der Reibfläche enthalten ist, womit allerdings der bekannte Uebelstand verknüpft ist, daß dieses Zündhölzchen sich nur an der bestimmten Reibfläche entzünden, von deren Beschaffenheit später die Rede sein wird.

Wir wollen nun die Herstellung der Zündhölzchen selbst besprechen.

Während die ersten Zündhölzchen, welche in den Handel gebracht wurden, ausschließlich Handfabrikat waren — das Holz wurde mit der Hand zu „Draht" zerschnitten, das Tunken der Hölzchen in die Masse, sowie die Anfertigung der Schachteln und das Einlegen in diese besorgten Arbeiter — beherrscht heute die Maschine die ganze große Industrie, und die Arbeiter haben fast nichts anderes zu thun, als die Maschinen, welche die Herstellung des Holzdrahtes, das Zerschneiden desselben, das Kleben der Schachteln u. s. w., u. s. w. besorgen, zu bedienen. Ja vor wenigen Jahren kam sogar die Kunde über den Ocean, es sei gelungen, Maschinen zu construiren, welche automatisch das ihnen zugeführte Holz zerkleinern, tunken u. s. f., bis schließlich gefüllte Schachteln vorliegen. Dies war ausnahmsweise einmal kein Humbug, und in Amerika stehen schon zahlreiche solcher Maschinen in Betrieb. Daß sich diese Maschine in Europa noch nicht eingebürgert hat, daran sind nicht etwa ihre Leistungen, welche über jeden Zweifel erhaben sind, sondern nur unsere, von den amerikanischen wesentlich verschiedenen Productionsverhältnisse die Ursache.

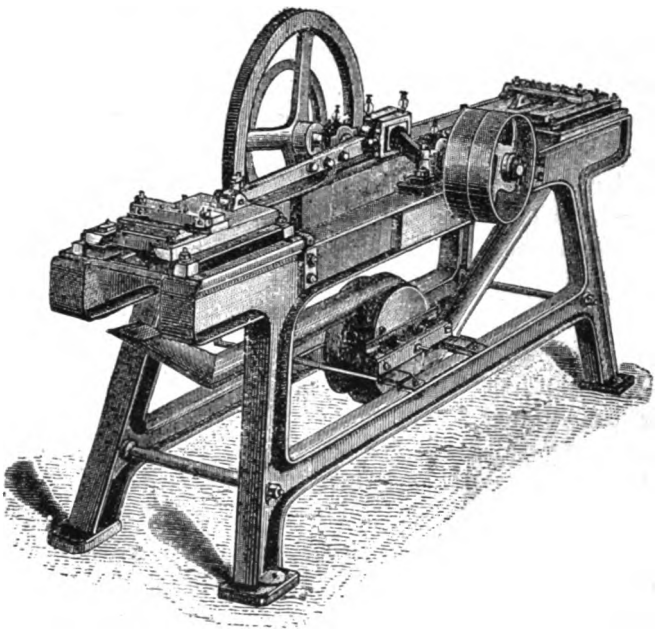
Die Rohmaterialien der Zündholzfabrikation sind, außer den schon erwähnten Chemikalien, unter welchen der Phosphor die wichtigste Rolle spielt, Holz, ferner Imprägnirungsmittel für dasselbe, um es leichter entzündbar zu machen, wie Schwefel, Paraffin oder Wachs, und endlich die Bindemittel für die Zündmasse, als solche dienen Leim, Stärke, Dextrin oder Gummi.

Nicht jedes Holz ist zur Zündholzfabrikation geeignet, es muß weich und porös sein, und muß sich auch leicht bearbeiten lassen; am häufigsten findet das Holz der Espe, Pappel, Linde, Weide oder Fichte Verwendung. Zunächst wird

Digitized by Google

das Holz in den sogenannten „Holzdraht“ verwandelt, das sind Stäbchen von der Dicke, aber der mehrfachen Länge der künftigen Zündhölzchen, welche durch Hobeln mit einem besonderen Hobel, dessen Eisen runde Löcher mit geschärften Rändern besitzt, hergestellt werden. Die Hauptmenge des jetzt im Handel vorkommenden Holzdrahtes wird mit Maschinen erzeugt, eine solche Maschine vermag in zehn Arbeitsstunden bis zu 30 Millionen Hölzchen zu liefern, eine Menge, gegen welche die Leistung eines Arbeiters, der die Herstellung des Holzdrahtes mit dem Handhobel besorgt, geradezu verschwindend gering ist.

Besondere Putzmaschinen besorgen dann die Reinigung der Hölzchen von Staub und Splittern, sowie von zu kurzen Holzstückchen; dies wird dadurch erreicht,

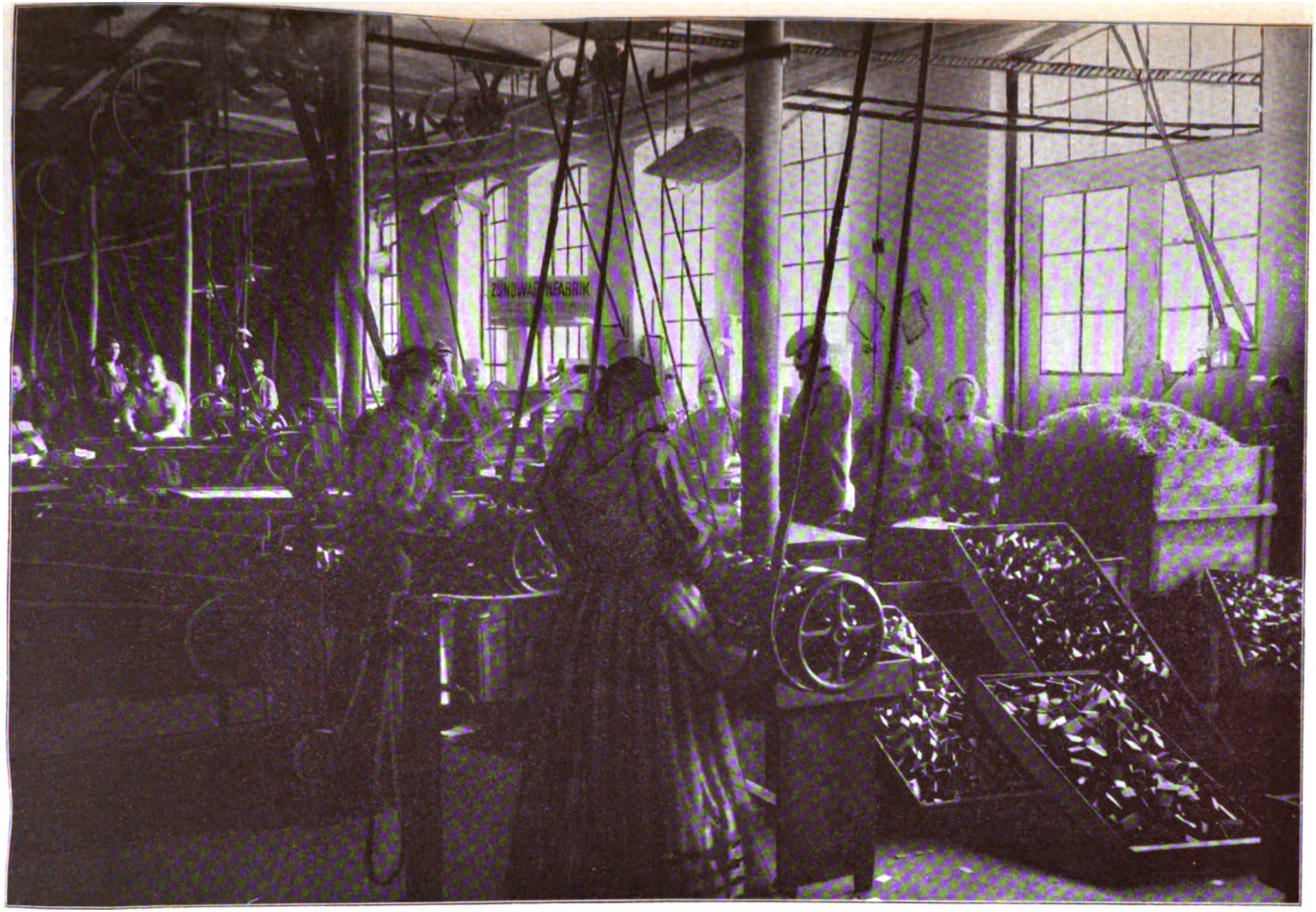


Holzdrahthobelmaschine von Anton.

daß man den geschnittenen Draht über Siebe laufen läßt, welche sich in rüttelnder Bewegung befinden. Nur jene Hölzchen, welche das richtige Maß besitzen, durchlaufen die ganze Fläche des Siebes und fallen endlich in einen untergestellten Kasten.

Nun gelangen die geputzten Hölzchen zu der Gleichlegemaschine, in welcher ebenfalls durch rüttelnde Bewegung die Einlagerung der Hölzchen in die Fächer eines Fächerkastens besorgt wird. Ist der Fächerkasten gefüllt, so wird er herausgezogen, mit einem Brette bedeckt, und auf dieses entleert, die Hölzchen liegen dann schön in parallelen Reihen geordnet auf dem Umlegebrette, von welchem sie mit der Hand in die Füllkästen und vermittelst dieser in die Einlegemaschine gefüllt werden.

Digitized by Google



**Die Erzeugung des Holzdrahtes.**

**Aus der Bündwaaren-Fabrik von J. & J. Kohn in Troppau.**

Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

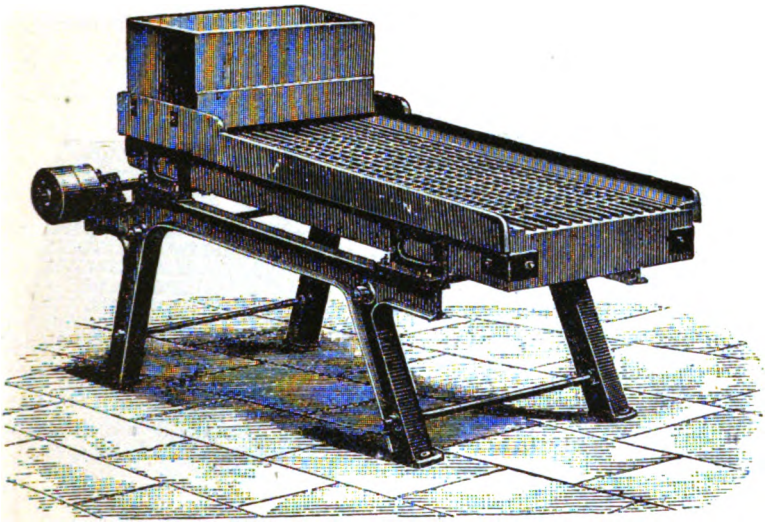
Digitized by Google

REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA



Das Einlegen der Hölzchen und Tunken derselben in die Zündmasse wurde früher ebenfalls mit der Hand ausgeführt. Es gehörte große Geschicklichkeit dazu, um pro Tag 120 bis 150 solcher Rahmen zu je 1000 Hölzchen zu füllen; auch diese Arbeit besorgt heute die Maschine, welche die Hölzchen, reihenweise in Rahmen gespannt und durch Zwischenräume voneinander getrennt, verlassen.

Die nächste Operation besteht in dem Schwefeln oder Paraffiniren der Hölzchen, wodurch ein leichteres Uebergreifen der Flamme der Zündmasse auf das Holz erzielt wird. Die Rahmen, in welchen sich die Hölzchen befinden, werden zunächst in einen Vorwärmeofen gebracht, und dann in der Tunkpfanne in geschmolzenen Schwefel, Paraffin ꝛc. getaucht. Die Tunkpfannen bestehen aus zwei



Holzdrahtputzmaschine von A. Koller.

oder drei Abtheilungen; in der ersten wird der Schwefel geschmolzen, in der zweiten, die so eingerichtet ist, daß der geschmolzene Schwefel niemals über eine gewisse Höhe steigen kann, werden die Hölzchen getunkt, und in der dritten sammelt sich der eventuell in der zweiten Abtheilung überschüssige Schwefel oder das Paraffin an.

Nach der Imprägnirung folgt das Tunken der Hölzchen in die Zündmasse. Auch dafür wurden Maschinen construirt, deren Princip darin besteht, daß die Zündmasse auf eine Walze aufgetragen wird, welche sie an die Hölzchen abgiebt.

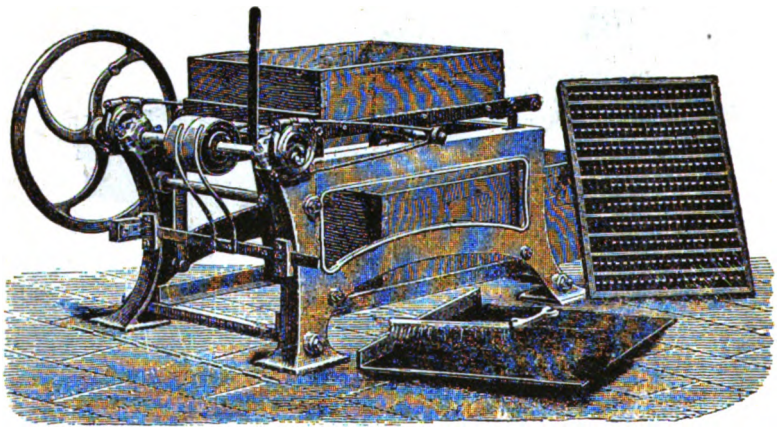
Die Zusammensetzung der Zündmassen ist sehr verschieden, sie enthalten außer der zündenden Substanz, dem Phosphor, noch verschiedene Beimengungen, wie chlorsaures Kalium, Salpeter, salpetersaures Blei, Mennige, rothes chromsaures Kalium, Zinnober, Eisenoxyd, Bleiweiß, Ultramarin, Ruß, Leim, Gummi, Terpentin u. s. w. Diese Zusätze haben zum Theile den Zweck, die Masse con-



Digitized by Google

sistenter zu machen, zum Theile aber auch, wie Bleiweiß, Ultramarin oder Ruß, ihr eine bestimmte Farbe zu ertheilen. Auch die Bereitung dieser Zündmassen geschieht mit Hilfe maschineller Vorrichtungen, welche eine Entzündung der Masse ausschließen, da sie ganz geschlossen sind, und das Anwärmen durch Dampf geschieht. Außerdem sind sie so eingerichtet, daß die unvermeidlichen Phosphordämpfe direct in den Kamin abgeleitet werden, und somit den Arbeitern nicht gefährlich werden können.

Sind die Hölzchen getunkt, oder mittelst der Maschine mit der Zündmasse versehen worden, so werden sie getrocknet, was in eigenen, durch Dampf geheizten Trockenkammern erfolgt. Um bei einer etwa eintretenden Entzündung leichter des Feuers Herr werden zu können, wendet man an Stelle weniger, großer, zahlreiche, jedoch kleinere und voneinander vollständig getrennte Trockenkammern an, auch



Gleichlegemaschine von A. Koller.

sind in diesen die Arbeiter nur kürzere Zeit den Phosphordämpfen ausgesetzt, da die Füllung einer Kammer rascher beendet ist.

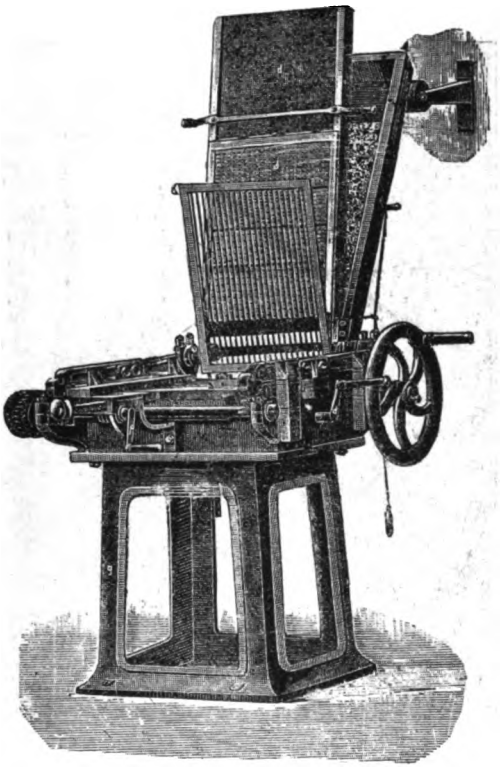
Nach dem Trocknen werden die Hölzchen aus den Rahmen ausgestoßen, was bei gewissen Rahmenconstructionen durch bloßes Oeffnen derselben geschieht. Es stehen jedoch auch besondere maschinelle Vorrichtungen in Verwendung, welche die Arbeit des Ausstoßens besorgen.

Als nächste und letzte Operation folgt nun das Einfüllen der Zündhölzchen in Pakete oder Schachteln. Auch dies wurde, sowie die Herstellung der nöthigen Emballagen, früher mit der Hand vorgenommen. Als man jedoch in der Zündhölzchenfabrikation zum Maschinenbetriebe überging und dadurch die tägliche Production eine ungeahnte Steigerung erfuhr, war auch hier die Handarbeit nicht mehr im Stande, gleichen Schritt zu halten, und die Herstellung der Schachteln, sowie das Füllen derselben wird nun ebenfalls von Maschinen besorgt. Die Leistung dieser Maschinen ist ganz gewaltig, so liefert die Pruner'sche Maschine pro Tag

Digitized by Google

60.000 bis 70.000 fertige, aus Holzpapier verfertigte Kapseln sammt Deckeln und Reibfläche. Andere Maschinen wieder besorgen die Herstellung richtiger Schachteln, wie sie bei den schwedischen Zündhölzern Verwendung finden.

Wir erwähnten schon, daß die sogenannten „schwedischen" oder „Sicherheitszündhölzchen" auf die Entdeckung des amorphen Phosphors durch Professor Schrötter zurückzuführen sind. Professor Schrötter selbst hatte die Anregung gegeben, indem er sagte, es werde wohl möglich sein, diesen Phosphor in der Zündhölzchenindustrie zu verwenden. Professor Böttger in Frankfurt a. M. beschäftigte sich dann näher mit diesem Probleme und in der That gelang es ihm, die „Antiphosphorhölzer" zu erfinden. Diese enthielten — wie auch heute noch die „schwedischen" — in den Köpfen keinen Phosphor — auch keinen amorphen — vielmehr bestand die Tunkmasse aus einem Gemenge von chlorsaurem Kalium, Schwefel, Braunstein, Dextrin ꝛc. Diese Masse entzündet sich jedoch auch nicht an jeder Reibfläche, sondern nur an einer solchen, welche amorphen Phosphor enthält. Bekanntlich wird diese „Anstrichmasse" auf der Schachtel aufgetragen, sie besteht hauptsächlich aus amorphem Phosphor, Schwefelantimon und dem Bindemittel. Obwohl diese Sicherheitszündhölzer gegenüber den mit gelbem Phosphor bereiteten große Vortheile besaßen, vermochte doch das Publicum, das eben gewohnt war, das Zündholz an jedem beliebigen Gegenstande — auch am Hosenbeine — zur Entflammung zu bringen, sich für diese Erfindung nicht zu begeistern. Noch weniger war dies bei den in Paris auf den Markt gebrachten „Antiphosphorhölzern" der Fall, welche an einem Ende die Zündmasse, am anderen die Anstrichmasse trugen. Sie sollten in der Mitte auseinander gebrochen und dann mit den präparirten Enden aneinander gerieben werden.



Einlegemaschine von G. Sebold.

Im Jahre 1848 hatte Böttger die phosphorfreien Zündhölzchen erfunden, doch erst in den Siebzigerjahren begann diese bedeutungsvolle Neuerung festen Fuß zu fassen, allerdings nicht in Deutschland, sondern in Schweden. Von dort



Digitized by Google

kamen Jahre hindurch die bekannten Jönköpinger Paraffinerade Tändstickor „utan svafvel och fosfor" nach Deutschland und Oesterreich, bis man sich allgemach auch bei uns mit der scheinbaren Unbequemlichkeit, zu jedem Zündholze einer besonderen Reibfläche zu bedürfen — tända endast mot ladans plan! — abgefunden hatte. Für Leute, welche gewohnt waren, ihren täglichen Vorrath an Zündhölzchen im Rocksacke herumzutragen, vielleicht in enger Berührung mit dem Mittagbrote, war diese Erfindung allerdings nicht zweckmäßig. Doch hat sich nun das Publicum auch bei uns an die phosphorfreien Zündhölzchen gewöhnt, und

Einlegen des Zündholzdrahtes in die Rahmen.
(Aus der Zündwaarenfabrik von J. & J. Kohn in Troppau.)

es wird wohl nicht mehr lange dauern, bis die gefährlichen Phosphorzündhölzchen ganz vom Markte verschwunden sein werden.

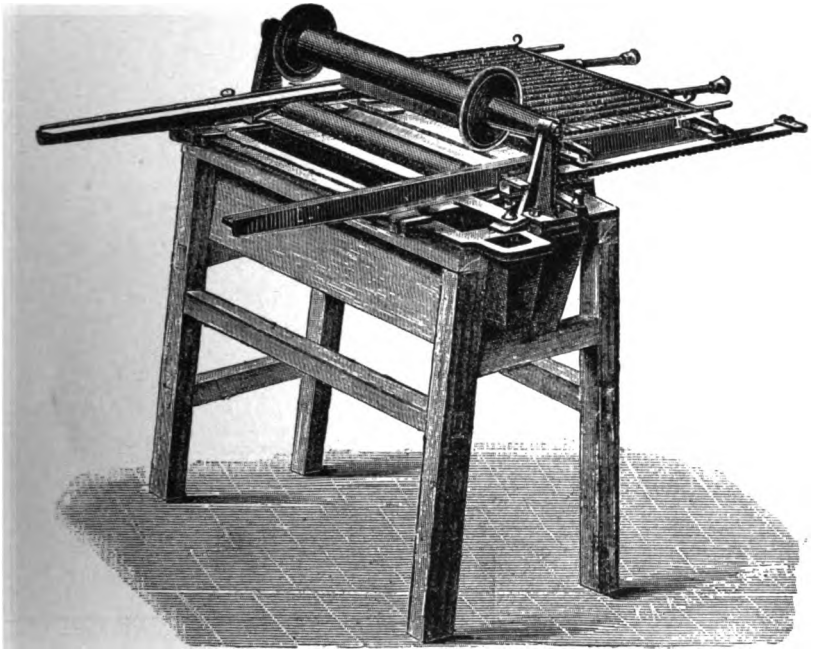
Die Herstellung der Sicherheitszündhölzchen ist im Großen und Ganzen genau die gleiche wie jene der Phosphorzündhölzchen. Auf den Unterschied in der Zusammensetzung der Zündmasse haben wir schon hingewiesen, es erübrigt nur noch, einige interessante Maschinen, welche hier Verwendung finden, in Kürze zu besprechen.

Der runde Holzdraht wird, wie erwähnt, mit Hilfe besonderer Hobelmaschinen hergestellt. Zur Fabrikation der Sicherheitszündhölzer wird nur vierkantiger Holzdraht verwendet, dieser wird auf eigenthümliche Weise, durch Schälen großer

Digitized by Google

Klötze gewonnen; gleichzeitig können diese Maschinen auch zur Herstellung des Schachtelspanes, aus welchem die Schachteln verfertigt werden, dienen. Die Arbeitsweise dieser äußerst genial erdachten Maschine ist folgende:

Der entrindete und astfreie Klotz wird eingespannt und dreht sich nun gegen das feststehende Schälmesser, welches sich, der Verringerung des Klotzdurchmessers entsprechend, gleichzeitig ununterbrochen und gleichmäßig gegen die Klotzmitte vorschiebt. Dadurch wird von dem Klotze ein spiralförmiges Holzband abgeschält, welches, wenn es für Holzdraht bestimmt ist, gleichzeitig durch Messerchen auf



Tunkmaschine von G. Sebold.

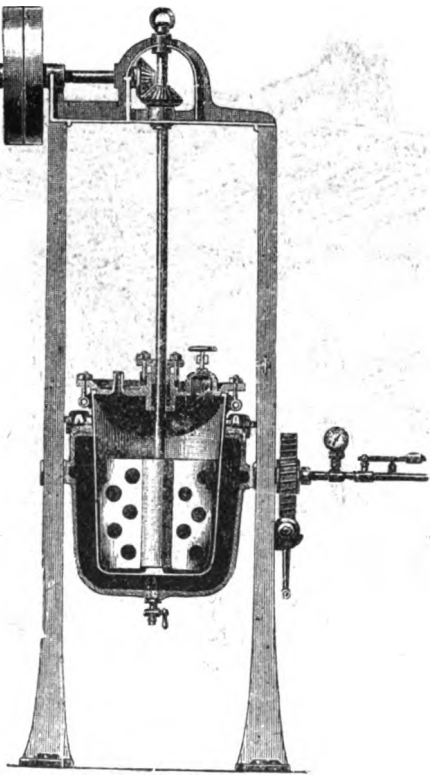
eine bestimmte Breite, der einfachen oder mehrfachen Holzlänge entsprechend, zerschnitten wird. Wird Schachtelspan gearbeitet, so ritzen oder kehlen die Messerchen den Span gleichzeitig den Biegestellen der Schachteln entsprechend ein. Der Span läuft auf einen hinter der Maschine stehenden Tisch aus, auf welchem er in die für die Abschlagmaschine erforderliche Länge durch einen Arbeiter zertheilt wird.

Die Abschlagmaschine besorgt das Schneiden der Späne zu Hölzchen. Zu diesem Zwecke werden je 60 bis 70 Spanbänder übereinander gelegt und der Maschine übergeben, welche sie selbstthätig einem Fallmesser zuführt. Da gleichzeitig 10 Spanbänder nebeneinander laufen, so fallen auf jeden Schlag 600 bis 700 Hölzchen, die Leistungsfähigkeit dieser Maschine ist daher eine ganz gewaltige.

Digitized by Google

Die Hölzchen werden dann getrocknet, imprägnirt, getunkt, abermals getrocknet, ganz wie wir dies bei Besprechung der Herstellung der Phosphorzündhölzchen kennen gelernt haben; auch die Anfertigung der Schachteln, sowie das Füllen derselben besorgt die Maschine.

Zur Herstellung der Schachteln sind zwei Maschinen erforderlich, eine derselben liefert die Innenschachtel, die andere die sogenannte Außenschachtel, welche über die gefüllte Innenschachtel geschoben wird. Die Leistungsfähigkeit dieser



Rührwerk zur Bereitung der Zündmasse.

Maschinen beträgt 40.000 bis 50.000 Schachteln pro Tag. Die Schachtelfüllmaschinen vermögen circa 18.000 bis 25.000 Schachteln pro Tag zu füllen.

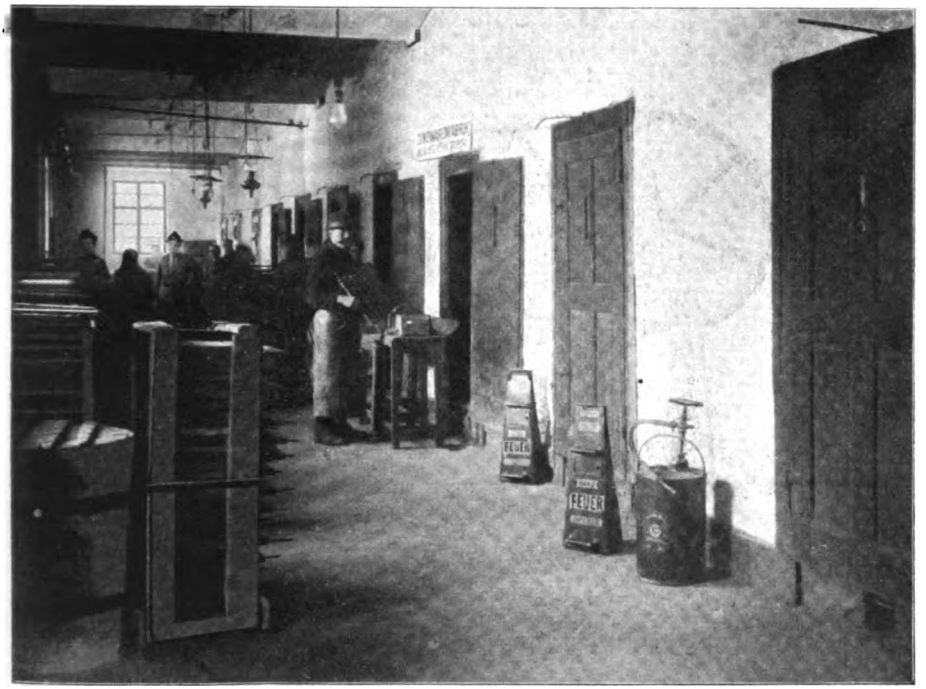
Schließlich wurden Maschinen construirt, welche das Packen der gefüllten Schachteln in Pakete besorgen. Wie wir also sehen, spielt bei der Herstellung der Zündhölzchen die Handarbeit nur mehr eine ganz geringe Rolle.

Es giebt jedoch auch Maschinen, die automatisch arbeiten, d. h. das zugeführte Holz wird in der Maschine zu Holzdraht zerschnitten, geschwefelt oder paraffinirt, getunkt und getrocknet, und die zum Verpacken fertigen Zündhölzchen verlassen die

Digitized by Google

Maschine. Es ist also auf dem Gebiete der Zündholzfabrikation das in Erfüllung gegangen, was jener Hutmacher geträumt: die Maschine, der einerseits das Hasenfell übergeben wird, während sie auf der anderen Seite fertige Hüte auswirft.

Die Leistungsfähigkeit einer solchen automatischen „Barber-Zündholzmaschine" wird zu 3 Millionen Stück fertiger Zündhölzchen angegeben, eine andere, ähnliche, die Jay-Gouldmaschine, soll sogar 30 Millionen Hölzchen pro Tag erzeugen können! Diese Maschinen, welche nur vollkommen astfreies Holz verarbeiten können, sind



Trockenraum. (Aus der Zündwaarenfabrik von J. & J. Kohn in Troppau.)

wohl für amerikanische, nicht aber für unsere europäischen Verhältnisse geeignet, so daß sie sich hierzulande in absehbarer Zeit wohl nicht einbürgern dürften.

Es erübrigt uns nun noch, einige andere Arten von Zündhölzchen zu besprechen, sowie eine Verschönerung der Zündhölzchen, welche darin besteht, daß die Köpfchen wie mit einem Metallüberzuge versehen erscheinen. Letzteres, das „Metallisiren", wird dadurch erreicht, daß man Hölzchen, deren Köpfe eine Bleiverbindung enthalten, in eine Atmosphäre von Schwefelwasserstoff bringt, es scheidet sich dann ein dünner Ueberzug von Schwefelblei auf der Oberfläche der Köpfchen aus, welcher ein metallisches Ansehen besitzt.

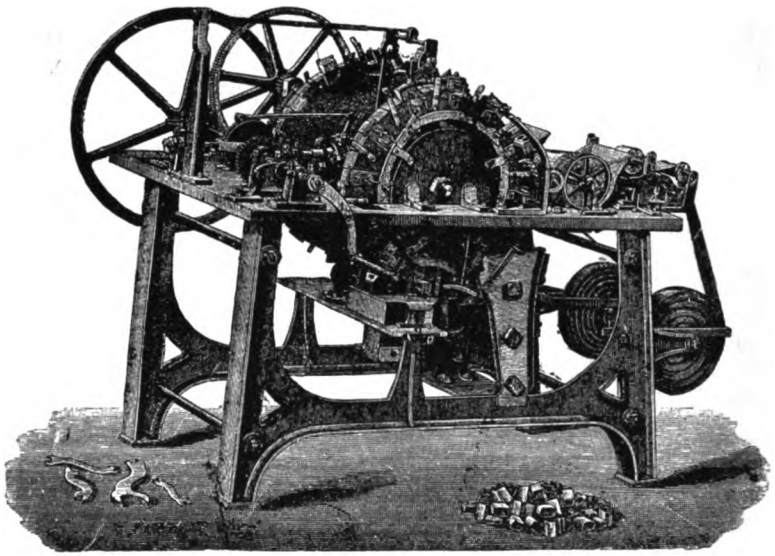
Die sogenannten „überall entzündlichen phosphorfreien Zündhölzchen" sind eigentlich nichts Neues, sie enthalten zwar keinen Phosphor, dafür aber chlor-

Digitized by Google

saures Kalium, dessen Explosionsfähigkeit durch verschiedene Zusätze mehr oder minder geschwächt wurde. Sie sind aber trotzdem mit verschiedenen Uebelständen behaftet, so daß sie sich nicht die Gunst des Publicums erringen konnten.

Bengalische Zündhölzer, welche nach dem Entflammen längere Zeit mit hellleuchtender, rother, weißer oder grüner Flamme brennen, werden unter Zusatz solcher Präparate hergestellt, welche in der Feuerwerkerei zur Erzeugung der „bengalischen Feuer" dienen, und welche wir im nächsten Abschnitte kennen lernen werden.

Großes Aufsehen, besonders in Laienkreisen erregte es, als vor nicht zu langer Zeit „kopflose Zündhölzchen" auftauchten. Man sah ihnen kaum an, daß sie mit



Kapselklebmaschine von K. Pruner.

irgend einer Masse getränkt oder behandelt worden waren, und doch zündeten sie an der beigegebenen, amorphen Phosphor enthaltenden Reibfläche — wenn sie wollten. Das häufige Versagen war nämlich die Ursache, welche diese an und für sich sehr schöne Erfindung — die Hölzchen ließen sich an beiden Enden entflammen, und daher zweimal verwenden — nicht aufkommen ließ. Dieses oftmalige Versagen der Zündhölzchen lag jedoch an der Zusammensetzung der Masse, in welcher sie getunkt worden waren, sie besteht aus einer Lösung von 20 Theilen chlorsaurem Natrium, 4 Theilen schwefelsaurem Ammon und 2 Theilen Gummi in 30 Theilen Wasser; wer Freude am Experimentiren besitzt, kann sich also ohne Mühe selbst solche Hölzchen bereiten. Das chlorsaure Natrium besitzt jedoch die Eigenschaft, aus der Luft begierig Wasser anzuziehen, die Hölzchen, die in die Lösung getaucht und dann getrocknet wurden, wurden dadurch feucht und vermochten nicht mehr zu zünden.

Digitized by Google

Die Barber-Bündholzmaschine.

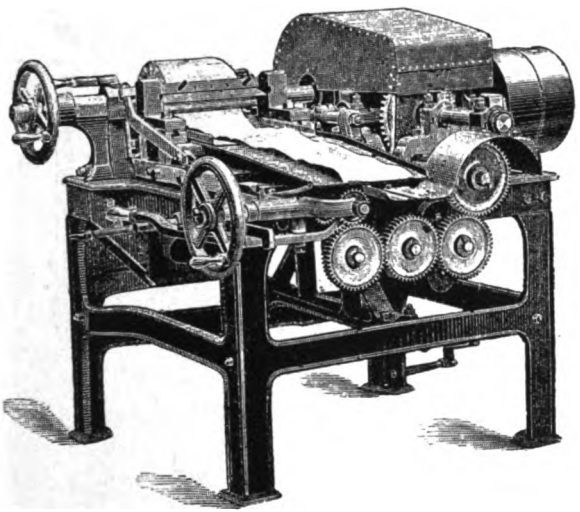
Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

Digitized by Google

Noch einer weiteren Verbesserung müssen wir gedenken, die wohl im Laufe der Jahre sich Bahn brechen dürfte. Es ist dies der Ersatz des Holzes durch andere Substanzen, besonders durch Papier. Mittelst hydraulischer Pressen kann nämlich Papiermasse — und zwar die schlechteste, Holzpapiermasse — so stark zusammengepreßt werden, daß sie sich wie Holz schneiden und bearbeiten läßt. Aus solchem „Brechspane" werden schmale Streifen von den gewöhnlichen Dimensionen der Zündhölzer geschnitten und in bekannter Weise mit der Zündmasse versehen.

Daß der Ersatz des Holzes durch andere Stoffe eine Frage von großer Bedeutung für die Zündholzindustrie ist, geht schon daraus hervor, daß nur schönes und gutes Holz zur Verarbeitung mit der Maschine geeignet ist, dessen Beschaffung

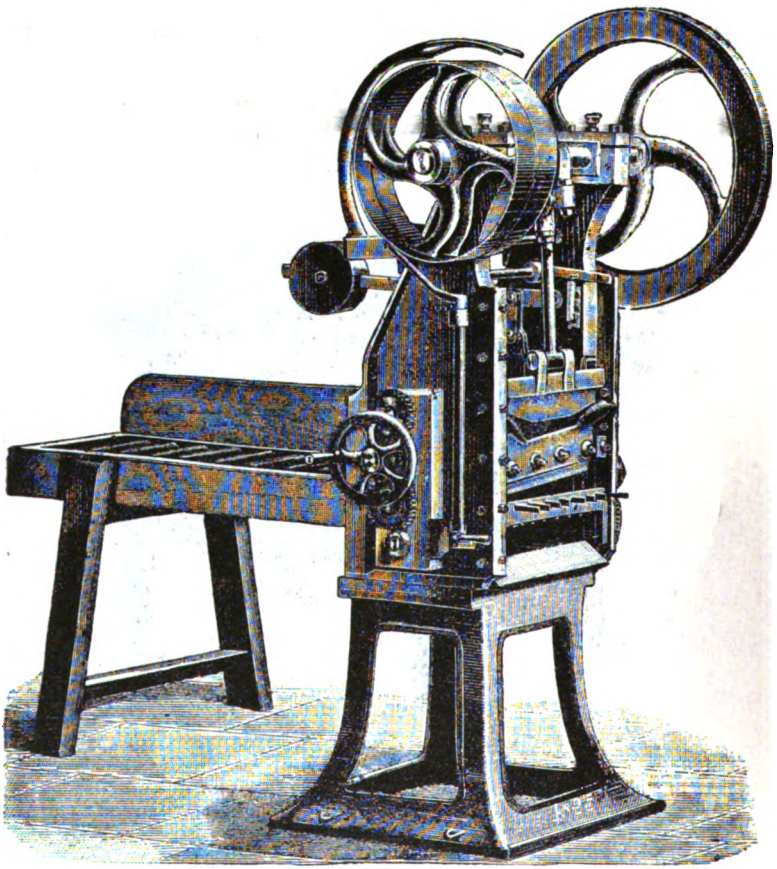


Holzschälmaschine von Siefvert & Fornander.

immer größere Mühe und Kosten verursacht, andererseits aus der gewaltigen Menge Holz, welche diese Industrie überhaupt bedarf. Rechnet man den Verbrauch an Zündhölzchen im Durchschnitte mit sieben Stück pro Kopf, so ergiebt dies einen Verbrauch von 2 Milliarden pro Tag oder 730 Milliarden im Jahre. Diese Zahl Zündhölzchen aneinander gereiht, würde eine Länge von $36^1/_2$ Milliarden Metern besitzen und 829mal um den Aequator reichen. Würde man jedoch diese 829 Ringe nebeneinander legen, so würde man ein Band von 1·65 m Breite erhalten. 6000 Zündhölzer wiegen rund 1 kg, das Gewicht des zur Deckung des täglichen Bedarfes nöthigen Holzes würde also 300.000 kg betragen. 1 $m^3$ Pappelholz wiegt rund 300 kg, es wären also 400.000 $cm^3$ Holz im Gewichte von $109^1/_2$ Millionen Kilogramm erforderlich, um den Bedarf an Zündhölzchen in Europa nur während eines einzigen Jahres zu decken.

Digitized by Google

Ueber die Wichtigkeit und Bedeutung der Zündholzindustrie und der diese ermöglichende Gewinnung des Phosphors brauchen wir wohl nicht viele Worte zu verlieren. Arm und Reich, Hoch und Nieder benöthigt diese kleinen, unscheinbaren Dinge, und wirft sie nach dem Gebrauche weg, ohne auch nur mit einem Gedanken an die Summe geistiger Arbeit zu denken, die nöthig war, um dem



Holzdrahtabschlagemaschine von A. Koller.

Menschengeschlechte diese mühelose Art der Beschaffung des Feuers zu ermöglichen. Nicht mit Unrecht hat man einen wirklich zutreffenden Unterschied zwischen dem Menschen und den höher stehenden Thieren, besonders den menschenähnlichen Affen darin gesehen, daß letztere nicht den planmäßigen Gebrauch des Feuers kennen. Wie groß ist aber noch immer der culturelle Unterschied zwischen den hochstehenden Rassen, die den Blitz in der Westentasche tragen, und dem armen Buschmanne, der, wenn ihm einmal durch Unachtsamkeit das Feuer am Herde erlosch, sich erst durch mühevolles Reiben neuerdings diese Gabe des Himmels verschaffen muß. Würden

Digitized by Google

den civilisirten Völkern plötzlich die Zündhölzchen genommen — wir würden culturell eine Schädigung erfahren, wie sie ärger wohl nicht gedacht werden könnte.

Im Haushalte des Menschen sind die Zündhölzchen unentbehrlich geworden. Ihr wesentlichster Bestandtheil, der Phosphor, ist ebenso unentbehrlich seit jeher im Haushalte der Natur. Ohne diesen Körper wäre das gesammte organische Leben unmöglich, wir finden ihn in jeder Zelle, in jedem Thiere, in jeder Blume und in jedem Strauch. Er betheiligt sich nicht nur am Aufbaue des Knochengerüstes unseres Körpers, sondern wir finden ihn auch im Blute, in den Muskeln

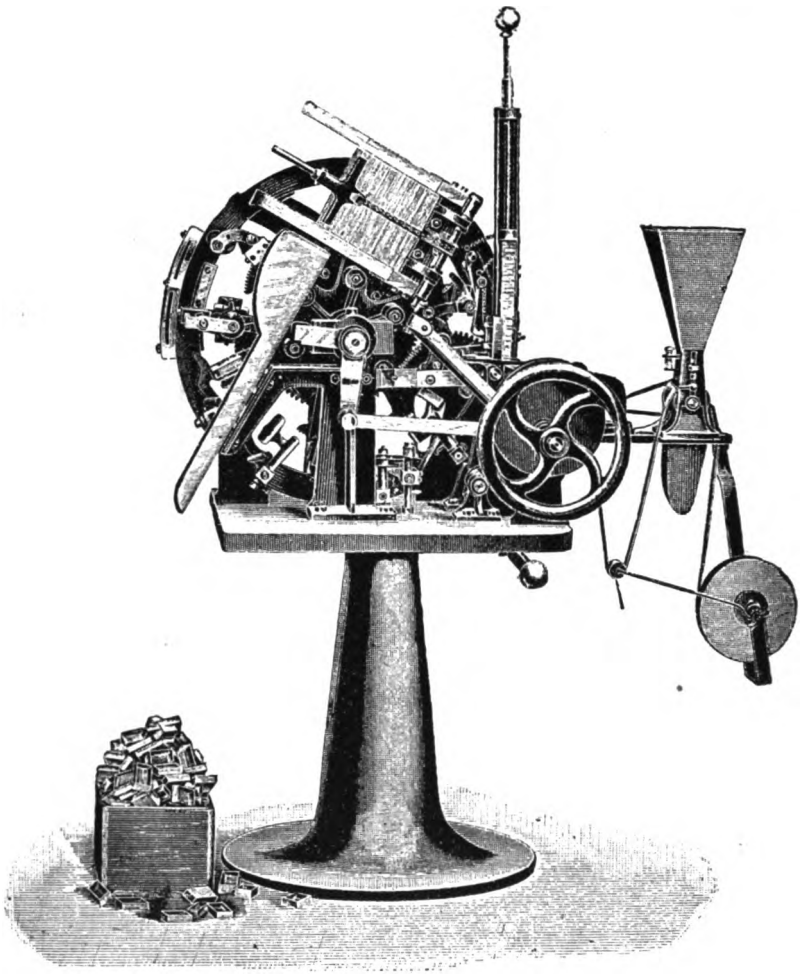
Füllen der Zündholzschachteln.
(Aus der Zündwaarenfabrik von J. & J. Kohn in Troppau.)

und im Gehirne, und dieser Umstand war es, der Moleschot zu der Sentenz veranlassen konnte: „Ohne Phosphor kein Gedanke." Ein glücklicher Gedanke im Haupte des Erfinders war es aber auch, der die Anwendung des Phosphors zur Herstellung der ersten wirklich brauchbaren und zweckmäßigen Zündhölzchen veranlaßte — und so verdanken wir dem Phosphor in jeder Beziehung die mühelose Herstellung zweier wesentlicher Lebensbedingungen des Menschen: des Lichtes und der Wärme.

Und aus der Geschichte der Entdeckung des Phosphors und der Anwendung, die er später gefunden, sehen wir ferner, daß die Alchemie, wenn sie

Digitized by Google

es auch nicht verſtand, Gold zu machen, doch die Herſtellung von Körpern gelehrt hat, die werthvoller ſind als Gold und Edelmetalle. Ein ſolcher iſt der



Innenſchachtelklebmaſchine von Loyens-Paulſon.

Lichtträger, der Phosphor. Bewahren wir ſeinem Entdecker Brand ein gutes Angedenken!

Digitized by Google

# Die explosiven Stoffe.

Drei Erfindungen waren es, die den finsteren Bann, in welchem das Mittelalter die Geister gehalten hatte, brachen: Der Compaß, die Buchdruckerkunst und das Schießpulver. Die Anwendung der Magnetnadel ermöglichte ausgedehnte Fahrten auf den weiten Meeren, die zur Entdeckung neuer Länder führten, und dadurch der Erde eine ungeahnte Ausdehnung verliehen. Die „schwarze Kunst" Guttenberg's vermittelte Tausenden das Licht des Wissens und that auch hier eine neue Welt auf, deren Schätze unvergänglicher und köstlicher waren wie das gleißende Gold, welches die spanischen Eroberer auf stolzen Flotten den neuentdeckten Ländern entführten. Das Schießpulver endlich verlieh die Kräfte, um für Handel und Verkehr neue Wege zu eröffnen, seiner Anwendung ist es zu danken, daß der Bergbau, dieser wichtigste Zweig der Urproduction, einen bedeutenden Aufschwung nahm und sich seine Segnungen bald allseits bemerkbar machten.

Die Gegenüberstellung von Compaß und Buchdruckerkunst einerseits und dem Schießpulver andererseits mag auf den ersten Blick vielleicht befremdlich wirken. Denn unwillkürlich denken wir zunächst bei der Erwähnung des letzteren an den unsagbaren Jammer, den die Kriege, die erst seit Einführung der Feuerwaffen ihren ganzen Schrecken enthüllten, über das Menschengeschlecht gebracht haben. Wir dürfen dabei aber nicht vergessen, daß es gerade die Anwendung des Schießpulvers und die Erfindung der Feuerwaffen war, welche dem entarteten Ritterthume den sicheren Untergang bereitete und damit den jämmerlichen Feudalzuständen des Mittelalters. Auch wurden die Kriege unblutiger, da der Nahkampf Mann an Mann, der früher ausschlaggebend war, immer seltener wurde und endlich ganz verschwand. Die größte Bedeutung des Schießpulvers müssen wir aber immer darin erblicken, daß es den Menschen befähigte, siegreich den Kampf mit Felsen und Gesteinen aufzunehmen.

Digitized by Google

Bis vor wenigen Jahrzehnten besaß das Schießpulver die unumschränkte Alleinherrschaft auf seinem Gebiete. Im Laufe der Jahre hatte es, sowohl mit Bezug auf seine Zusammensetzung als auch seine Darstellung das höchste erreichbare Maß der Vollkommenheit erlangt, eine Verbesserung war und ist daher ausgeschlossen. Dagegen wurde man mit anderen, weitaus kräftiger wirkenden Explosivstoffen bekannt, die neuerdings eine Umwälzung auf dem Gebiete des Berg- und Tunnelbaues, wie auch in der Construction der Feuerwaffen im Gefolge hatten. Gegen jene Gewalten, welche in den modernen Sprengstoffen schlummern, erscheint das alte Schwarzpulver fast wie ein Spielzeug. Mit der Erfindung des Dynamites und der Sprenggelatine lernte man aber auch ihre Kräfte zähmen und nutzbringend verwerthen, und gerade der Umstand, daß heute im modernen Kriegswesen das alte Schießpulver, das Schwarzpulver, so gut wie keine Rolle mehr spielt, daß man bestrebt ist, durch Anwendung immer kräftiger wirkender Sprengmittel die Flugweite und Durchschlagskraft der Geschoße zu erhöhen, daß ein Staat den anderen in der Furchtbarkeit der Kriegsmittel zu überbieten trachtet, wird wohl noch dazu beitragen, den Krieg überhaupt unmöglich zu machen. Dies wäre dann wohl der größte Triumph der explosiven Stoffe, wenn sie selbst den ewigen Weltfrieden dictiren würden, um von da ab nur mehr ihre rein culturelle Mission zu erfüllen.

Die Erfindung des Schießpulvers — der bekannten Mischung aus Schwefel, Salpeter und Holzkohle — ist in tiefes Dunkel gehüllt. Ueber jeden Zweifel erhaben ist jedoch die Thatsache, daß weder Roger Baco im Jahre 1220, noch der deutsche Mönch Berthold Schwarz im Jahre 1320 bei alchemistischen Versuchen das Schießpulver entdeckt haben. Ja es ist überhaupt höchst zweifelhaft, ob ein Mönch dieses Namens je gelebt hat, und wenn man ihm auch zu Freiburg im Breisgau ein Denkmal setzte, so gilt dies wohl mehr der Bedeutung der Explosivstoffe überhaupt als seiner Person, die die Sage mit allen möglichen Mythen umgab.

Die größte Wahrscheinlichkeit besitzt jene Anschauung, welche die Erfindung des Schießpulvers nach Ost-Asien verlegt. In diesen Ländern kommen zahlreiche Salpeterlager vor, es ist also wohl denkbar, daß die Chinesen und Indier schon früh das Verpuffen des Salpeters auf glühender Kohle beobachtet hatten, daß man dann Kohle und Salpeter innig mengte und dieser Mischung schließlich den leicht brennbaren Schwefel zufügte.

Ebenso möglich ist es aber auch, daß unser heutiges Schwarzpulver aus dem „griechischen Feuer“ hervorgegangen ist. Dieses griechische Feuer, über dessen wunderbare Wirkung zahlreiche alte Schriften mehr oder minder glaubhafte Erzählungen enthalten, dürfte ein Gemenge von Salpeter, Schwefel, Pech und Harz gewesen sein, welche mit brennbaren Oelen zusammengeschmolzen wurde. Nach der Entzündung entwickelte es zunächst einen dicken Rauch, dem ein Knall und bald darauf die Flamme folgte, die nicht gelöscht werden konnte, da das Gemenge auch unter Wasser brannte. Vier Jahrhunderte hindurch blieb die Zusammensetzung des „griechischen Feuers“ das strenge gehütete Geheimnis der Byzantiner, bis es schließlich den Sarazenen verrathen und von diesen gegen die Kreuzfahrer an-

Digitized by Google

REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA



gewendet wurde. Mit der allgemeinen Einbürgerung des Schießpulvers im 14. Jahrhunderte mußte es jedoch schließlich seinem weitaus vollkommeren Rivalen weichen. Um die Mitte des genannten Jahrhundertes erfolgte dann die Einführung der Geschütze in den einzelnen deutschen Heeren, und bald zählte man in Deutschland zahlreiche Pulvermacher und Kanonengießereien.

Drei Jahrhunderte hindurch wurde dann das Schießpulver ausschließlich in den Feuerwaffen verwendet, erst im 17. Jahrhundertee begann man es als Sprengmittel zu gebrauchen, zunächst allerdings in sehr primitiver Weise. So schildert Elias Montanus in seinem 1622 erschienenen „Bergwerkschatz" eine mit einem kleinen Loche versehene kupferne Kugel, die mit Büchsenpulver gefüllt und mit in Salpeterlösung gesottener Baumwolle umkleidet wurde. Diese Kugel, außerdem noch in eine Schmelze von Pech und Schwefel getaucht, warf man nach dem Anzünden in den Schacht oder Stollen, um durch ihr „Abgehen" den vom Feuersetzen zurückgebliebenen Rauch auszutreiben. Vor Anwendung der Sprengmittel bewirkte man nämlich die Lockerung des Gesteines in der Weise, daß man sie der Hitze mächtiger Feuer aussetzte, um dann leichter mit Schlägel und Eisen, also durch Handarbeit, des Gesteines Herr werden zu können. Der erste aber, der Schwarzpulver zur Ausführung einer Sprengarbeit verwendete und dadurch zum Erfinder der Sprengarbeit wurde, war Caspar Weindl; am 8. Februar 1627 nahm er im Oberbiberstollen zu Schemnitz in Ungarn die erste bekannte Sprengung vor. . . .

Wie bekannt, besteht das Schießpulver aus einem Gemenge von Schwefel, Salpeter und Holzkohle, seine Eigenschaften werden nicht nur durch die Beschaffenheit dieser Rohmaterialien, sondern auch durch die Art und Weise der Herstellung, besonders der innigen Mischung der Bestandtheile bedingt. Bevor wir jedoch zur Besprechung der Darstellung des Schießpulvers übergehen, wird es angezeigt sein, uns mit der Natur der Rohmaterialien selbst vertraut zu machen.

Der Schwefel ist eines der wenigen Elemente, welche gediegen in der Natur vorkommen, und in Folge dessen in verhältnismäßig einfacher Weise gewonnen werden können. Außerdem tritt er jedoch auch in großen Mengen in Verbindung mit Metallen auf, und während man ursprünglich für verschiedene Zwecke, so besonders zur Darstellung der so wichtigen Schwefelsäure nur den gediegenen Schwefel zu verwenden wußte, ist man jetzt im Stande, auch die „Kiese" mit Erfolg zu verarbeiten.

Größere Lager von gediegenem Schwefel treffen wir vorzugsweise in vulcanischen Gegenden an, und zwar gewöhnlich in geringer Tiefe unter der Oberfläche. Ihre Entstehung können wir uns durch die Einwirkung von Schwefelwasserstoffgas und schwefeliger Säure, welche beide ständige Begleiterscheinungen des Vulcanismus sind, erklären. Der Schwefelwasserstoff ist, wie schon sein Name besagt, eine Verbindung von Wasserstoffgas und Schwefel, er ist ein höchst widerlich riechendes Gas, welches auch bei der Fäulnis organischer Substanz, die stets schwefelhaltig ist, auftritt, und sowohl faulen Eiern als auch gewissen Mineralquellen, den sogenannten „Schwefelquellen", den charakteristischen und wenig anziehenden Geruch

Digitized by Google

verleiht. Die schweflige Säure dagegen ist die Verbindung des Schwefels mit Sauerstoff, welche bei seiner Verbrennung an der Luft entsteht und welche wir an ihrem stechenden Geruche zu erkennen vermögen.

Treffen nun Schwefelwasserstoff und schweflige Säure zusammen, so macht sich die große Verwandtschaft zwischen Wasserstoff einerseits und Sauerstoff andererseits geltend. Beide Elemente treten zu Wasser zusammen und der in beiden Gasen enthaltene Schwefel gelangt als solcher zur Abscheidung. Dieser Proceß findet an zahlreichen mexikanischen Vulcanen auch heute noch statt, außerdem wird er künstlich herbeigeführt, um aus den Abfallstoffen gewisser Industrien den Schwefel zu gewinnen.

Die größten und für Europa bedeutendsten Schwefellager befinden sich in Sicilien. Dort findet sich der Schwefel im Gemenge mit und unterbrochen durch Lagen eines weißen, hauptsächlich aus Gips bestehenden Gesteines, dem Briscale. Diese Lager, die selten tiefer als höchstens 50 bis 60 m unter der Erdoberfläche gelegen sind, werden durch stark geneigte Stollen erschlossen, das schwefelhaltige Material wird mit dem Hammer losgeschlagen, und von Kindern im Alter von 8 bis 16 Jahren über Leitern und Treppen an die Oberfläche gebracht.

Bis vor kurzer Zeit war die Lage dieser armen Geschöpfe in den sicilianischen Schwefelgruben höchst bedauernswerth. Sie wurden von ihren Eltern den Besitzern oder Ausbeutern der Schwefelgruben für eine Reihe von Jahren „verpachtet", wurden schlecht ernährt, geradezu unmenschlich behandelt, und hatten außerdem eine äußerst beschwerliche und gefährliche Arbeit zu verrichten. Zahlreiche dieser jungen Lastthiere fanden ihren Tod in den Schwefelgruben, oder verließen diese doch als Krüppel.

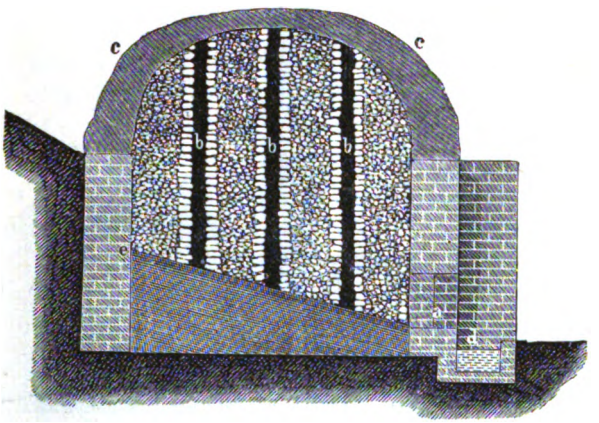
Seit dem Jahre 1895 hat sich aber die Lage der in den sicilianischen Gruben arbeitenden Bevölkerung gebessert, auch der Preis des Schwefels stieg und dies wurde einzig und allein durch eine fiscalische Maßregel erreicht. Italien hatte nämlich früher für Schwefel einen geringen Exportzoll eingehoben, der jedoch ausreichend war, um dem sicilianischen Schwefel die Concurrenzfähigkeit fast ganz zu nehmen; außerdem zeigten die Schwefelpreise eine sinkende Tendenz. Als jedoch im Jahre 1895 dieser Exportzoll abgeschafft wurde, konnte die Schwefelgewinnung auf eine breitere Basis gestellt werden. Der Schwefelpreis stieg, da der sicilianische Schwefel nun ungehindert außer Landes gehen konnte, und die Folge war eine Verbesserung der Lage der Arbeiter in den Schwefelminen und der Einrichtung dieser Gruben überhaupt.

Das aus den Gruben geförderte schwefelhaltige Material wird, um den Schwefel zu gewinnen, zunächst in schwefelreichere und schwefelärmere Stücke gesondert, welche dann ausgeschmolzen werden. Man bringt sie zu diesem Zwecke in eiserne Kessel und erhitzt. Da der Schwefel schon bei 114° schmilzt, tritt er aus dem Gesteine aus und sammelt sich über diesem an, worauf er ausgeschöpft und in hölzernen Formen erstarren gelassen wird. Dieser Rohschwefel muß dann noch einer weiteren Reinigung unterzogen werden.

Digitized by Google

Das in dem Kessel zurückbleibende Gestein enthält jedoch noch der Gewinnung würdigen Schwefel, doch in so geringer Menge, daß man durch neuerliches Ausschmelzen nicht zum Ziele gelangen würde. Das gleiche gilt von dem schwefelarmen Gesteine, aus beiden Materialien wird der Schwefel durch Destillation gewonnen; bei 447° beginnt er sich in Dampf zu verwandeln.

Zu diesem Zwecke brachte man früher die schwefelhaltigen Rückstände ꝛc. in krugförmige Thongefäße, welche sich oben stark verjüngten und in einen Ofen in solcher Weise eingesetzt waren, daß ihre Mündungen herausschauten. Nach erfolgter Füllung wurden diese sorgfältig mit Lehm verschlossen, aus dem Halse jedes Kruges ragte ein kurzes, nach abwärts gerichtetes Rohr, welches nach einem zweiten ähnlichen, jedoch außerhalb des Ofens stehenden Gefäße führte. Zwischen den mit dem Rohmateriale beschickten Gefäßen wurde Feuer angezündet, der Schwefel schmolz zunächst und verflüchtigte sich dann. Die Dämpfe gelangten nach außen stehenden Gefäßen und verdichteten sich hier zu den sogenannten „Schwefelblumen", d. i. Schwefel in fein vertheiltem Zustande; bald erreichte die Temperatur jedoch den Schmelzpunkt des Schwefels, und nun schied sich der überdestillirende Schwefel im geschmolzenen Zustande ab. Dieser floß durch ein am Boden der Vorlagen angebrachtes Rohr nach einem mit Wasser gefüllten Gefäße. In neuerer Zeit erfolgt die Destillation jedoch in weit zweckmäßigerer Weise aus eisernen Retorten.



Calcarone.

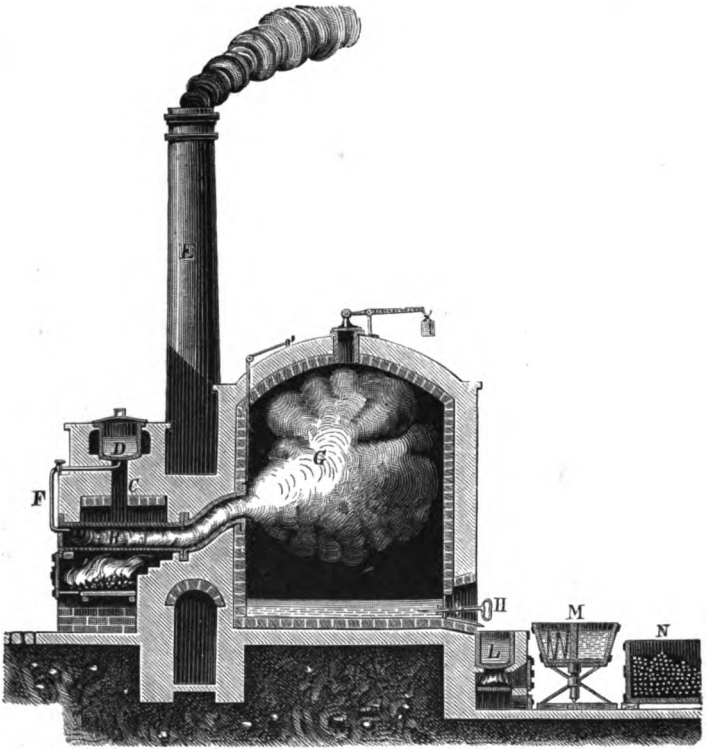
Zu dieser Gewinnungsart des Schwefels ist Brennmaterial nöthig, und dies ist ein in Sicilien ziemlich kostspieliger Gegenstand. Man wendet daher noch ein zweites Verfahren an, welches darin besteht, den Schwefel selbst als Brennmateriale zu verwenden, der dadurch bedingte Verlust ist immer noch geringer als der Werth des sonst erforderlichen Brennmateriales beträgt.

Zu diesem Zwecke werden aus Mauerwerk große ringförmige Oefen errichtet, deren Durchmesser bis zu 10 m beträgt. Ihr Boden e erhält eine starke Neigung gegen eine Stelle der Ringmauer, in welcher sich ein Canal a befindet, der zu einer mit Wasser gefüllten Vertiefung d führt. In diesem Mauerring des „Calcarone", wie diese Oefen in Sicilien genannt werden, wird nun das schwefelhaltige Material in solcher Weise geschichtet, daß Luftcanäle b offen bleiben. Dann wird der Ofen noch durch eine Lehmdecke c geschlossen, und nun an einer Stelle



Digitized by Google

der Schwefel in Brand gesetzt. Die Temperatur im Inneren des Ofens steigt bald so hoch, daß ein Theil des Schwefels schmilzt, durch den Canal a austritt und sich in d ansammelt. Das Ausschmelzen dieser Calcarone dauert je nach ihrer Größe 30 bis 80 Tage, nach diesem Verfahren werden ungefähr 60% des in dem Gesteine enthaltenen Schwefels gewonnen, während 30% als Brennmaterial dienen. So unrationell nun auch dieses Verfahren scheinen mag, so hat es aus den angedeuteten Gründen doch seine Berechtigung; ein großer Uebelstand desselben liegt




Apparat von Michel zur Raffination des Schwefels.

jedoch in der Verunreinigung der Luft durch schweflige Säure, die bei der Verbrennung des Schwefels entsteht und sich höchst unangenehm bemerkbar macht.

Der nach dem einen oder dem anderen Verfahren gewonnene Schwefel muß, ehe er zur Schießpulverfabrikation geeignet ist, noch einer Läuterung unterzogen werden. Diese besteht in einer nochmaligen Destillation, die jedoch nur in den seltensten Fällen in Sicilien selbst vorgenommen wird. Die größten und bedeutendsten Schwefelraffinerien befinden sich dagegen in Marseille, Rouen und in der Umgebung von Paris, sie verwenden gewöhnlich den von Michel construirten Apparat, dessen Einrichtung aus der obenstehenden Abbildung ersichtlich ist.

Digitized by Google

Der gußeiserne Cylinder B wird von dem darunter befindlichen Feuerraume aus erhitzt. Die Flamme umspült den Cylinder und die Verbrennungsproducte entweichen durch den Schornstein E, nachdem sie vorher den von den Zügen C umgebenen Kessel D vorgewärmt haben. Der Schwefel wird in diesen Kessel gebracht und erfährt hier durch Ausschmelzen eine vorläufige Reinigung, dann fließt er durch das Rohr F nach dem Cylinder B. Hier wird er in Dampf verwandelt und tritt in die aus Backsteinen gemauerte Schwefelkammer G über. Im unteren Theile befindet sich in einer gußeisernen Platte ein rundes Loch, welches durch die Stange H verschlossen werden kann. Hat sich eine genügende Menge geschmolzenen Schwefels am Boden der Kammer angesammelt, so wird H entfernt und der Schwefel in den Kessel L fließen gelassen, neben welchem sich ein Drehbottich M befindet, in dessen reihenweise aufgestellten befeuchteten Holzformen der Schwefel einfließt und hier erstarrt. In dem Raume N werden die gewonnenen Schwefelstangen aufgespeichert.

In jüngster Zeit werden auch noch andere und rationellere Gewinnungsmethoden zur Abscheidung des Schwefels angewendet. So schmilzt man ihn in Dampfkesseln aus, was um so leichter möglich ist, als schon bei einem Drucke von zwei Atmosphären das Wasser bei 120° siedet, der Schwefel jedoch schon bei 114° schmilzt. Nach diesem Verfahren erhält man sofort einen sehr reinen Schwefel — das Rohmaterial wird auf Siebe gelegt, auf welchem das Gestein zurückbleibt — der in Stangen gegossen und in den Handel gebracht wird.

Ein zweites Verfahren, welches jedenfalls eine große Zukunft besitzt, und sich besonders zur Gewinnung geringer Schwefelmengen eignet, besteht darin, daß der Schwefel nicht durch Schmelzen, sondern durch Extraction gewonnen wird. In gewissen Lösungsmitteln, so besonders in Schwefelkohlenstoff löst sich der Schwefel nämlich sehr leicht auf. Wenn man also das entsprechend zerkleinerte, schwefelhaltige Gestein in geeigneten Apparaten mit Schwefelkohlenstoff behandelt, so geht der Schwefel in Lösung, diese Lösung wird dann abdestillirt, wozu nur sehr wenig Brennmaterial nöthig ist, da der Schwefelkohlenstoff schon bei 46° siedet. Natürlich gewinnt man den Schwefelkohlenstoff und verwendet ihn neuerdings zur Extraction schwefelhaltigen Materiales.

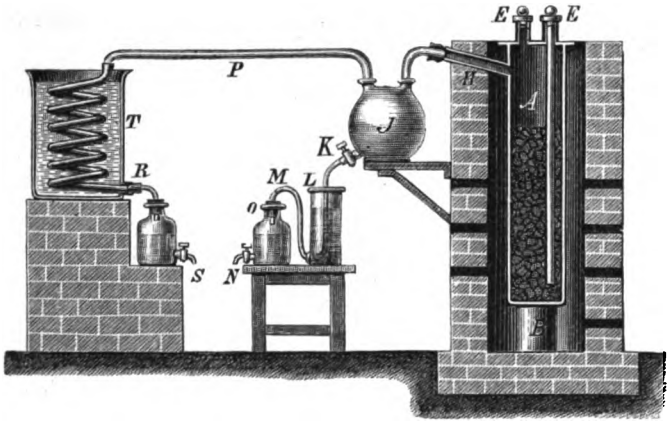
Der Schwefelkohlenstoff ist eine farblose, leicht bewegliche und höchst unangenehm nach faulem Rettig riechende Flüssigkeit, deren Dampf sich sehr leicht entzündet. Er besteht, wie schon sein Name andeutet, aus Schwefel und Kohlenstoff und bildet sich, wenn dampfförmiger Schwefel mit glühender Kohle zusammentrifft. Zur fabriksmäßigen Darstellung dieses für viele Industrien höchst wichtigen Productes dient der auf Seite 52 abgebildete Apparat.

A ist eine aufrecht stehende, thönerne Retorte, welche auf der eisernen Unterlage B ruht und in einen Ofen eingemauert ist. Durch die rechts gelegene Oeffnung E führt ein Porzellanrohr bis auf den Boden der Retorte, wo es auf einer Lage Kohle aufliegt. Durch dieses Rohr wird, sobald die die Retorte erfüllende Kohle glüht, Schwefel nachgefüllt; die andere Oeffnung E dient zum Nachfüllen der



Digitized by Google

Kohle. Die Retorte ist durch ein Seitenrohr mit der Steingutvorlage J verbunden, in welcher sich schon ein Theil des in E entstehenden Schwefelkohlenstoffes verdichtet, um bei K in die mit Wasser gefüllte sogenannte „Florentinerflasche" abzufließen. Da sich Schwefelkohlenstoff nicht mit Wasser mischt, sondern als specifisch schwerer darin untersinkt, wird er, L von untenauf füllend, durch das Seitenrohr M der Florentinerflasche in die Vorlage O constant abfließen, sobald er eine gewisse Höhe erreicht hat. Jener Theil des Schwefelkohlenstoffes, welcher sich in J nicht freiwillig verdichtet, gelangt durch das Rohr P nach dem Kühlapparate T, den er bei R verläßt. Durch die Hähne N und S der beiden Vorlagen kann das fertige Rohproduct abgelassen werden; es wird dann noch einer weiteren Reinigung, welche in einer abermaligen Destillation mit Wasserdämpfen besteht, unterzogen.




Apparat zur Darstellung von Schwefelkohlenstoff.

Das zweite Rohmaterial zur Darstellung des Schießpulvers ist der Salpeter. Der Salpeter ist ein Salz der Salpetersäure, diese besteht aus den Elementen Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff und wird durch Destillation des in der Natur vorkommenden Salpeters mit Schwefelsäure gewonnen, wovon noch später die Rede sein wird. Ersetzt man den Wasserstoff der Salpetersäure durch ein Metall, beispielsweise durch Natrium, so entsteht salpetersaures Natrium oder Natronsalpeter, die gleiche Operation mit Kalium ausgeführt, giebt Kalisalpeter, und sättigen wir Salpetersäure mit Ammoniak und dampfen wir die Lösung ein, so erhalten wir ein drittes Salz der Salpetersäure, nämlich den sogenannten Ammonsalpeter.

Salze der Salpetersäure sind in der Natur weit verbreitet, wir finden sie in geringer Menge in jedem Ackerboden und sie sind die einzige Form, in welcher die meisten Culturpflanzen den zu ihrer Ernährung unerläßlichen Stickstoff aufzunehmen vermögen. All der freie Stickstoff, der im Luftoceane enthalten ist, ist für sie nicht verwerthbar, eine Ausnahme davon machen nur die Leguminosen (Bohne, Erbse ꝛc.), die durch gewisse Bakterien, welche sich in Wurzelknöllchen ansiedeln, befähigt sind, den Luftstickstoff, jedoch auch erst nachdem er von den Bakterien in Salpetersäure übergeführt wurde, zu assimiliren. Dagegen leben zahlreiche solcher salpeterbildender Bakterien in jedem Boden, wo sie erst seit kurzer Zeit durch die moderne bakteriologische Forschung nachgewiesen wurden, und diese mikroskopischen

Digitized by Google

Lebewesen sind es, welche den elementaren Stickstoff der Luft in Verbindung mit Sauerstoff bringen, eine Operation, welche im Laboratorium nur sehr schwierig und unter Anwendung ganz besonderer Hilfsmittel durchführbar ist.

Salpeter bildet sich auch bei der Verwesung stickstoffhaltiger organischer Substanzen und es ist zweifellos, daß auch hierbei Bakterien eine große Rolle spielen. Ist gleichzeitig kaliumhaltiges Gestein zugegen, so entsteht Kalisalpeter, dagegen Natronsalpeter, wenn vorwiegend natriumhaltige Mineralien (Natronfeldspathe ꝛc.) zugegen sind. Dieser Vorgang spielt sich auch an zahlreichen Stellen in der Natur ab, so wird an den Ufern des Ganges der aus dem Flußschlamme sich abscheidende sogenannte „Kehrsalpeter" (da er zusammengekehrt wird) gewonnen. Selbstverständlich sind solche natürliche Efflorescenzen des Salpeters nur in trockenen, regenarmen Gegenden möglich, da die Salpeter (mit Ausnahme des Kalksalpeters) sehr leicht in Wasser löslich sind.

Bei der großen Bedeutung des Kalisalpeters für die Schießpulverfabrikation war es begreiflich, daß man bestrebt war, den Salpeter auch auf andere Weise zu gewinnen, und zwar geschah dies in den „Salpeterplantagen", in welchen man künstlich jene Bedingungen herbeiführte, unter welchen sich Salpeter in der Natur zu bilden vermag.

Während der Kalisalpeter nur an wenigen Orten in der Natur in größerer Menge vorkommt — so beispielsweise in den Salpeterhöhlen im Ohiothale, die jedoch schon zu Beginn dieses Jahrhundertes ausgebeutet waren — findet sich der Natronsalpeter an einzelnen Punkten der Erde in gewaltigen Lagern. Dies ist in Peru, Provinz Tarapaca, der Fall, wo roher Natronsalpeter, die „Caliche", in mächtigen Schichten, verunreinigt durch Jod-, Chlor- und Bromsalze, auftritt. Dieser Salpeter, der nicht nur heute den ganzen Bedarf der Industrien deckt, sondern auch eine wichtige Stickstoffquelle für den Landwirth geworden ist, wird gewöhnlich als „Chilisalpeter" bezeichnet und gehandelt. Mit Rücksicht auf den Fundort ist diese Bezeichnung allerdings unrichtig, sie hat sich jedoch eingebürgert und bis heute erhalten, da die Caliche zunächst nach Chile gebracht und dort raffinirt wurde.

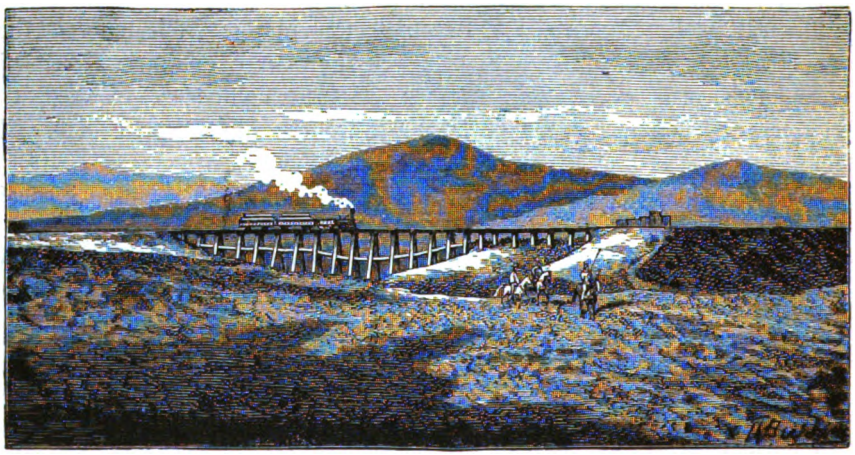
Die Ausbeutung dieser Lager begann erst im Jahre 1831, obwohl sie schon zehn Jahre vorher durch Mariano de Rivero entdeckt worden waren. Der Strich Landes, in welchem die Gewinnung des Chilisalpeters betrieben wird, liegt an der Westküste Süd-Amerikas und ist ein Theil der bekannten Costa Seca, d. h. trockene Küste, die Lager selbst erstrecken sich in einer Ausdehnung von mehr als 2400 englischen Meilen längs der Küste von Peru, Bolivia und einem Theile Chiles.

Dieser Landstrich ist durch den fast vollständigen Mangel des Regens ausgezeichnet und die Wasserarmuth ist so groß, daß sich kaum eine Vegetation auf dem kahlen Boden bemerkbar macht. Im Winter wachsen die fast beständig herrschenden Stürme zu Orkanen an, im ganzen Jahre fallen vielleicht zwei bis drei unausgiebige Regen, und die wenigen Flüsse, welche diese Wüstenei durchziehen, erhalten ihr Wasser von den schmelzenden Schneemassen der Cordilleren.

Digitized by Google

Die Küste zeigt landeinwärts eine stattliche Front von Klippen, die sich bis zu 1000 m über dem Meeresspiegel erheben und zwischen ihnen windet sich der bald steil aufsteigende, bald schroff abfallende Pfad, der bis vor ungefähr 30 Jahren ausschließlich die Verbindung der Küste mit dem Inneren des Landes, wo sich die Salpeterlager befinden, vermittelte. Jetzt läuft in großer Höhe eine Schienenstraße, welche die Hafenstadt Yquique, den Hauptausfuhrsort des Natronsalpeters, mit La Noria verbindet. Der durch den leisesten Wind aufgewirbelten Sandmassen wegen hat man entlang dieser „Salpeterbahn" eigene Vorkehrungen gegen die Ueberwehung der Geleise anbringen müssen.

Die Gewinnung der Caliche geschieht in der Weise, daß zunächst ein kurzer Schacht bis in das nur von einer dünnen Erdschicht überdeckte Gestein getrieben wird, in diesem legt man eine Kammer an, welche mit einer beträchtlichen Menge



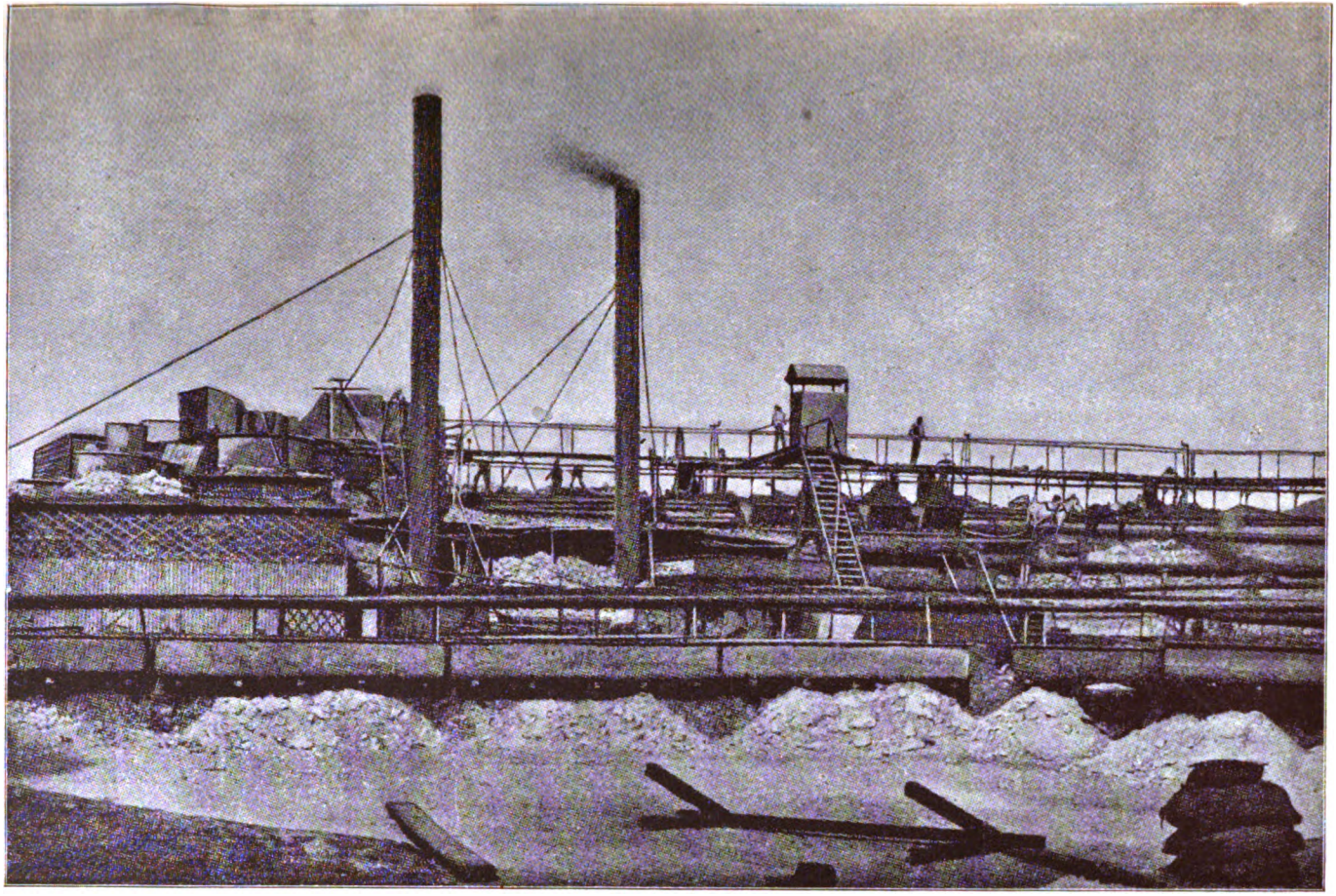
Bahnstrecke an der Küste von Peru („Salpeterbahn").

Pulver gefüllt wird. Bringt man dieses zur Explosion, so wirft es auf einen bedeutenden Umkreis die Erde auseinander und legt die salpeterführenden Schichten bloß. Aus dem Schutte werden dann die Salpeterblöcke ausgesucht und nach der Siederei transportirt. Hier wird der Rohsalpeter in großen Kesseln mit Wasser behandelt, die von den unlöslichen Antheilen befreite Lauge wird in flachen Pfannen eingedampft und krystallisiren gelassen, das ziemlich reine Product kommt als „Chilisalpeter" in den Handel.

Der Natronsalpeter ist jedoch zur Bereitung des Schießpulvers nicht geeignet, denn er besitzt die Eigenschaft, an der Luft zu zerfließen. Das Schießpulver würde also feucht werden und nicht oder nur zu langsam abbrennen. Diese Eigenschaft besitzt jedoch der Kalisalpeter nicht, er ist nicht hygroskopisch und daher zur Pulverfabrikation geeignet.

Kalisalpeter ist aber schwer zu beschaffen, da er in der Natur nur in relativ kleinen Lagern vorkommt; um daher den Bedarf für die Pulverfabrikation zu decken,

Digitized by Google



Salpeter-Transport.

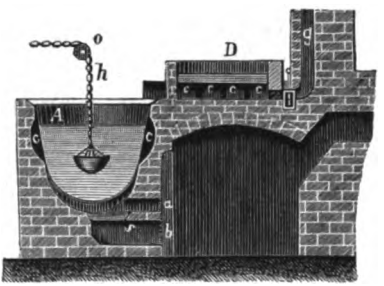
Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

Digitized by Google

mußte man darauf bedacht sein, ihn künstlich darzustellen. Die einfachste Methode wäre wohl die, reine Salpetersäure mit Potasche, d. i. kohlensaures Kalium, welches im Großen aus der Holzasche dargestellt werden kann, zu sättigen. Doch ist dieses Verfahren zu theuer und kommt überhaupt nicht in Frage, da die Darstellung des sogenannten „Conversionssalpeters" in ebenso einfacher als billiger Weise geschieht.

Jedes Salz vermag sich in Wasser nur bis zu einer gewissen Menge aufzulösen. Ist dieser Punkt erreicht, so ist die Lösung „gesättigt" und vermag nun nichts mehr von dem betreffenden Salze aufzunehmen. Entzieht man einer gesättigten Lösung durch Eindampfen Wasser, so scheidet sich ein Theil des Salzes wieder ab, da ihm nun das Lösungsmittel fehlt. Viele Salze besitzen die Eigenschaft, von warmem oder heißem Wasser in größerer Menge gelöst zu werden als von kaltem. Läßt man eine solche „heiß gesättigte Lösung" langsam abkühlen, so krystallisirt ebenfalls das Salz theilweise aus, jedoch nur in solcher Menge, daß eine kalt gesättigte Lösung hinterbleibt. Enthält dagegen eine heiß gesättigte Lösung zwei Salze, wovon das eine in größerer, das andere nur in geringerer Menge löslich ist, so scheidet sich während der Abkühlung zunächst immer nur das schwerer lösliche Salz aus.



Apparat zur Darstellung des Conversionssalpeters.

Auf diesen Principien beruht die Darstellung des Conversionssalpeters, welcher aus Natronsalpeter und Chlorkalium bereitet wird. Löst man beide Salze in einem gewissen Verhältnisse in heißem Wasser auf, so setzen sie sich in Kaliumsalpeter und Chlornatrium um:

salpetersaures Natrium | salpetersaures Kalium
Chlorkalium | Chlornatrium.

Das Chlornatrium, die gleiche Verbindung, welche wir als Kochsalz zum Würzen der Speisen verwenden, ist aber in diesem Falle das schwerer lösliche Salz; schon in der Siedehitze beginnt es sich abzuscheiden, und wird fortwährend ausgeschöpft, gleichzeitig vermindert sich durch Verdampfen auch das Volumen der Flüssigkeit, so daß der größte Theil des Kochsalzes ausfällt, und schließlich eine Lösung von Kaliumsalpeter erübrigt, die nur mehr sehr geringe Mengen Kochsalz enthält.

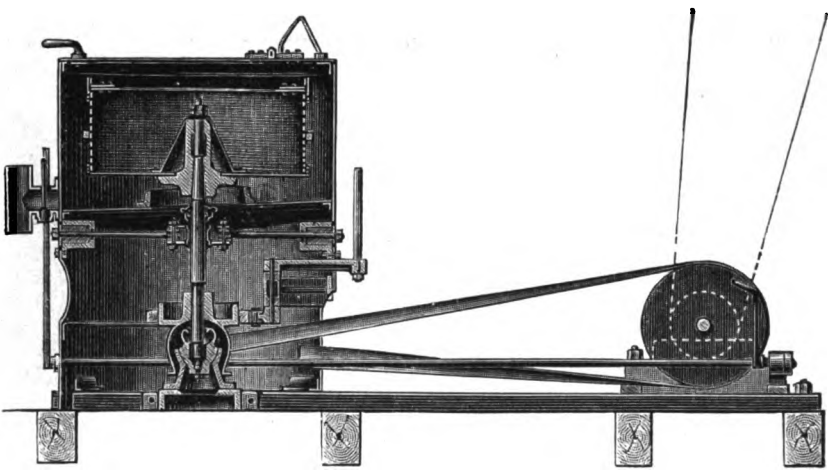
Zur Fabrikation des Conversionssalpeters dient der oben abgebildete Apparat. In den Kessel A werden Natronsalpeter und Chlorkalium eingetragen und in Wasser gelöst. Die Heizung des Kessels erfolgt von der Feuerung a b mit dem Roste s aus, jedoch berührt die Flamme nicht direct den Boden des Kessels, sondern die Feuergase umspülen den oberen Theil des Kessels bei c, ziehen dann unter der Abdampf- und Krystallisirpfanne D hin, und gelangen endlich in den Schlot g. Kocht die Lösung in A und beginnt sich das Kochsalz abzuscheiden, so wird ein

Digitized by Google

an der über die Rolle o laufenden Kette h hängender flacher Eimer in den Kessel eingesenkt. Durch die Kochbewegung wird das Kochsalz herumgewirbelt, dabei fällt ein Theil auch in den flachen Eimer und bleibt hier ruhig liegen, von Zeit zu Zeit wird der Eimer ausgehoben und entleert.

Das Kochsalz wird auf Siebe gebracht und abtropfen gelassen, um die anhaftende Salpeterlösung zu gewinnen, dann wird es noch mit kaltem Wasser gewaschen, und endlich gelangt es als fast vollkommen reines Speisesalz in den Handel.

Ist endlich alles Kochsalz ausgeschöpft, so deckt man den Kessel zu, um eine zu rasche Abkühlung und dadurch bedingte vorzeitige Abscheidung des Salpeters zu vermeiden, und überläßt die Flüssigkeit einige Stunden der Ruhe, während welcher Zeit sich die vorhandenen Verunreinigungen zu Boden setzen. Dann wird



Centrifuge.

die klare Lösung abgehebert und in die Krystallisirbottiche gebracht. In diesen schießen in dem Maße als sich die Lösung abkühlt, schöne Krystalle von Salpeter an, die schließlich ausgeschöpft und durch Abspülen mit Wasser von der anhaftenden Mutterlauge befreit werden. Durch nochmaliges Umkrystallisiren wird dann der Kalisalpeter gereinigt.

Auch diese Fabrikation hat in der letzten Zeit insofern eine Verbesserung erfahren, als man das Lösen nicht mehr über directem Feuer, sondern in der durch einströmenden Wasserdampf erwärmten Flüssigkeit vornimmt, auch läßt man das Kochsalz nicht mehr auf Sieben abtropfen, sondern schleudert es in einer Centrifuge aus, wodurch nicht nur die Gewinnung der Salpeterlösung vollständiger und rascher gelingt, sondern auch ein trockeneres Product erhalten wird. Ferner hat man gar kein Interesse, den Salpeter in großen Krystallen zu erhalten, schon deshalb nicht, da diese gewöhnlich Mutterlauge einschließen. Man nimmt daher die Krystallisation in Bottichen vor, in welchen sich Rührwerke bewegen, dann

Digitized by Google

REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA



scheidet sich der Salpeter in Form eines sehr feinen Krystallmehles ab, welches ebenfalls in der Centrifuge ausgeschleudert wird.

Die Centrifugen sind in der chemischen Industrie so häufig gebrauchte und heute so unentbehrliche Geräthe, daß es wohl angezeigt ist, ihre Einrichtung kurz zu besprechen, umsomehr, da wir noch oft Gelegenheit haben werden, ihrer zu erwähnen.

Jede Centrifuge besteht aus einer verticalen Achse, welche unten in einem Spurlager läuft, während sie oben von einem Halslager umfaßt wird. Am oberen Ende ist die Trommel aufgeschraubt, sie ist aus durchlochtem Stahl- oder Kupferblech hergestellt. Ein Gehäuse umgiebt die ganze Vorrichtung. Mittelst eines Vorgeleges wird nun die Trommel in sehr rasche Umdrehung versetzt; bringt man in die Trommel ein aus festen und flüssigen Antheilen bestehendes Gemenge, z. B. nasses Kochsalz, so werden beide durch die Centrifugalkraft an die Wandung gepreßt. Das Salz kann jedoch die feinen Oeffnungen des Siebes nicht passiren, wohl aber das Wasser, welches abgeschleudert wird und sich in dem Gehäuse ansammelt. Ist auf diese Weise das Salz getrocknet, so kann man es noch waschen, indem man, während die Centrifuge im Gange ist, Wasser einfließen läßt. Das Wasser durchdringt dann gleichmäßig die an den Wänden liegende Salzmasse, löst eine geringe Menge auf und tritt als Lösung durch die Löcher.

Der Umstand, daß die Centrifugen im beschickten Zustande ein sehr großes Gewicht besitzen, dabei aber eine sehr große Tourenzahl aushalten müssen, bedingt, daß zur Herstellung dieser Geräthe die größte Sorgfalt verwendet werden muß, denn wenn eine Centrifuge „losgeht", d. h. durch die Wirkung der Centrifugalkraft selbst in Stücke fliegt, so bedingt dies nur zu oft einen Verlust an Menschenleben. In Bewegung befindliche Centrifugen dürfen deshalb auch niemals plötzlich zum Stillstande gebracht werden, sondern man muß sie entweder auslaufen lassen, oder nur ganz langsam und vorsichtig bremsen.

Das zur Herstellung des Conversionssalpeters dienende Chlorkalium wird aus den sogenannten „Abraumsalzen" zu Staßfurt dargestellt. Auf die Verarbeitung dieser wirthschaftlich ungemein wichtigen Abraumsalze werden wir in einem späteren Abschnitte noch zu sprechen kommen.

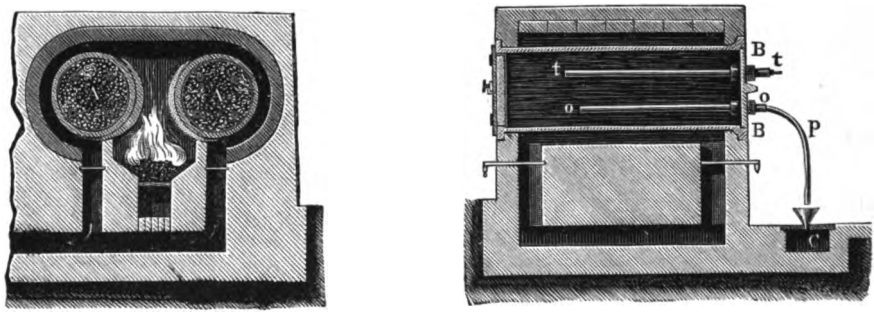
Das dritte Rohmaterial zur Darstellung des Schießpulvers ist die Holzkohle, welche durch Verkohlung von Holz erhalten wird. Je nach der Holzart, wie nach der Art und der Temperatur der Verkohlung erhält man ganz verschiedene Holzkohlen, die ihrerseits wieder die Eigenschaften des Pulvers verschieden beeinflussen.

Zur Darstellung einer guten Pulverkohle können nur weiche Hölzer verwendet werden, am häufigsten dienen diesem Zwecke die Zweige des Faulbaumes, der Weide und der Erle. Das Holz besteht aus Cellulose, ferner aus Mineralstoffen, welche nach der Verbrennung als Asche hinterbleiben, und endlich enthält es auch Wasser; die Cellulose ist eine Verbindung von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Wird nun Holz unter Luftabschluß erhitzt, so entweicht zunächst das Wasser, ferner treten aber auch chemische Zersetzungen ein, welche zur Bildung verschiedener

Digitized by Google

Producte, die wir bei Besprechung der chemischen Verwerthung des Holzes noch näher kennen lernen werden, führen, gleichzeitig wird aber Kohlenstoff als solcher, der wegen Sauerstoffmangels nicht verbrennen kann, abgeschieden. Wenn wir nach vollendetem Verkohlungsprocesse ein Stück Holzkohle betrachten, so sehen wir, daß die Holzstructur noch vorhanden ist, doch ist das Stück nun schwarz und wesentlich leichter als im frischen Zustande.

Ursprünglich nahm man die Verkohlung des für die Schießpulverfabrikation bestimmten Holzes in Meilern vor, also in der gleichen Weise, wie heute noch in unseren Alpenländern die gewöhnliche Holzkohle bereitet wird, deren sich die Schmiede bedienen. Dabei ist es jedoch nicht möglich, ein tadelloses Product zu erzielen, denn einerseits gelingt es nicht, die Temperatur stets auf der gleichen Höhe zu erhalten, so daß von einem- zum anderenmale das Product ungleichartig ausfällt, andererseits wird die Kohle zu sehr mit Sand, der zur Bedeckung des Meilers dient, verunreinigt. Man ging daher schon am Ende des vergangenen




Vorrichtung zur Verkohlung des Holzes.
Querschnitt. Längsschnitt.

Jahrhundertes zur Verkohlung in geschlossenen Cylindern über, welche durch directes Feuer erhitzt wurden.

Bei sorgfältiger Ausführung der Operation erhält man durch Verkohlung in Cylindern eine Kohle von ziemlich gleichmäßiger Beschaffenheit, es muß jedoch dafür Sorge getragen werden, daß die bei der Destillation entstehenden Theerdämpfe rasch abziehen können, sonst überzieht sich die Kohle mit Glanzruß, wodurch sie sehr schwer entzündlich wird. Man läßt deshalb die Theerdämpfe gewöhnlich entweichen, oder leitet sie unter die Oefen, wo sie verbrennen.

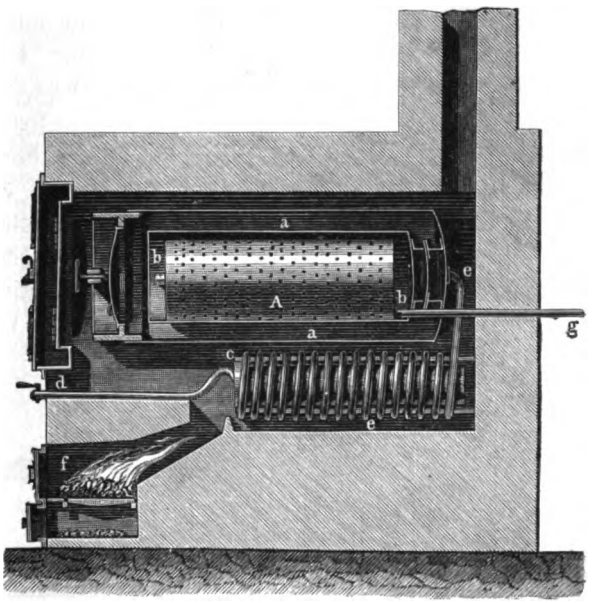
Die Cylinder sind aus Eisenblech verfertigt, je zwei derselben AA liegen in einem gemeinschaftlichen Ofen, zwischen ihnen befindet sich der Rost mit der Feuerung. Die Feuergase steigen zwischen beiden Cylindern empor, biegen rechts und links über beide nach unten und gelangen endlich in einen Canal, welcher nach dem Schornsteine führt. Die Cylinder sind an beiden Enden mit Deckeln verschlossen. Am rückwärtigen Deckel B bemerken wir ein in den Cylinder führendes Rohr o, an welches außen das kupferne Rohr p angeschraubt ist. Durch o und p werden die Theerdämpfe nach C geführt, wo sie sich theils verdichten, theils nach

Digitized by Google

dem Schornsteine entweichen. In die Blechröhre t werden Holzstäbe eingeschoben und die Oeffnung bei B luftdicht verschlossen. Diese Probestäbe dienen dazu, sich über das Fortschreiten des Verkohlungsprocesses ein Urtheil bilden zu können.

Weitaus zweckmäßiger ist jedoch die Vornahme der Verkohlung in Cylindern, welche durch überhitzten Wasserdampf geheizt werden. Dieses Verfahren, welches eine genaue Regulirung der Temperatur ermöglicht, wurde zuerst im Jahre 1847 von Violette in der Pulverfabrik von Esquerdes angewendet. Der Wasserdampf wird durch eine Feuerung auf jene Temperatur gebracht, bei welcher das Holz verkohlt werden soll; der zur Verkohlung dienende Apparat ist im Längenschnitte in der nebenstehenden Abbildung dargestellt.

Wir unterscheiden zunächst zwei concentrische Cylinder aus Eisenblech aa und bb. Der äußere Cylinder aa dient als Gehäuse für den inneren. Etwa 25 bis 30 kg des zu verkohlenden Holzes bringt man in nicht zu großen Stücken in den siebförmig durchlöcherten Cylinder A und schiebt den letzteren in den Cylinder bb.




Apparat zur Verkohlung des Holzes mittelst überhitzten Wasserdampf.

Sobald der in einem Dampfkessel erzeugte Dampf die erforderliche Spannung, etwa $1/2$ bis 1 Atmosphäre, erreicht hat, zündet man im Feuerraume f das Feuer an. Dieser wird von einem kleinen Gewölbe überspannt und eine Brücke aus feuerfesten Steinen zwingt die Flamme gegen den oberen Theil des Schlangenrohres ee zu ziehen.

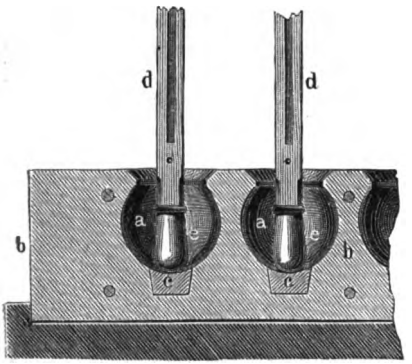
Um jedoch zu verhindern, daß die Flamme direct in die Achse des Schlangenrohres zieht, ist in letzterem eine an den beiden Enden verschlossene Trommel mittelst kleiner eiserner Klammern befestigt. Dadurch wird das Feuer gezwungen, die Windungen des Rohres zu umspülen. Der Cylinder bb ist rückwärts geschlossen, vorne aber offen, der Cylinder aa ist an seinem hinteren Ende, wo das Schlangenrohr einmündet, geschlossen, vorne aber mit einem breiten, kreisförmigen Halse aus Gußeisen versehen.

Sobald das Feuer im Feuerraume f eine Viertelstunde gebrannt hat, wird der gefüllte Siebcylinder in bb eingeschoben und die mit Thon bestrichene Scheibe

Digitized by Google

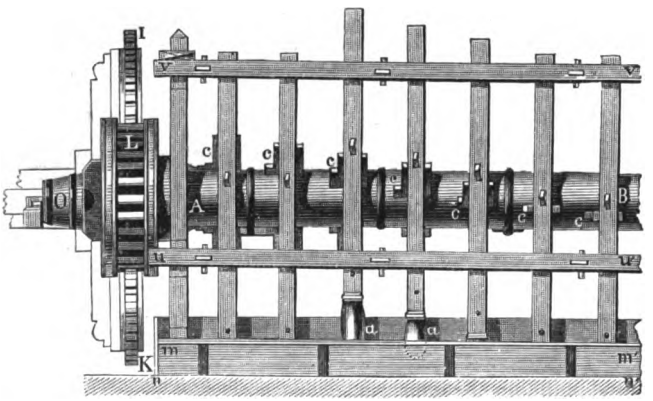
des Cylinders aa aufgesetzt. Zwei dicke, gußeiserne Thüren, die am linken Ende des Apparates über d angebracht sind und die die kalte Luft abzuhalten haben, werden nun geschlossen.

Nach weiteren 10 Minuten, innerhalb welcher Zeit der Thon der Scheibe des Cylinders aa trocken geworden ist, öffnet man den Dampfhahn d und läßt den Dampf einströmen. Dieser tritt im Boden des äußeren Cylinders ein, geht in dem Zwischenraume zwischen beiden Cylindern nach vorne und von da durch das offene Ende von bb in den Siebcylinder. Er durchdringt die Zwischenräume des Holzes, verkohlt dasselbe und nimmt zugleich den sich entwickelnden Theer mit. Durch das rückwärts am Cylinder bg eingesetzte Kupferrohr entweicht er.



Pulverstampfwerk.

Ein kleines Glasfenster dient zur Beobachtung des Feuers, dieses wird sehr sorgsam geregelt, damit die Erhitzung des Dampfes in der Spirale nach Möglichkeit gleichförmig geschieht. Ist der Proceß beendet, so wird der Apparat entleert, die noch glühende Kohle bringt man in ein mit einem gut schließenden Deckel versehenes Gefäß, in welchem sie, bei Abschluß des Luftsauerstoffes, langsam erkalten gelassen wird.



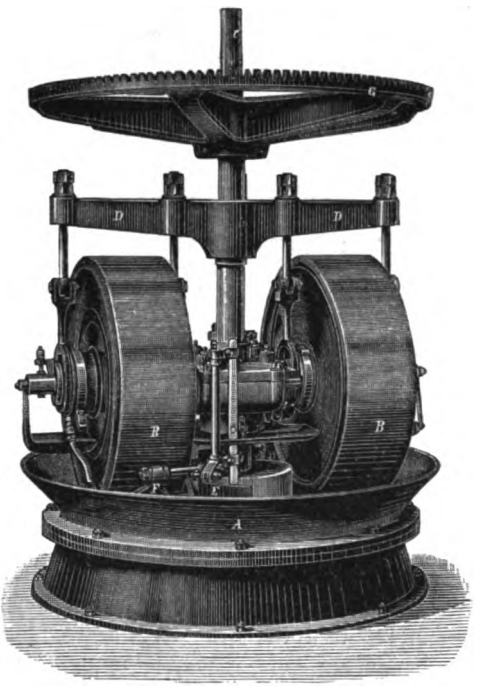
Pulverstampfwerk. Vorderansicht.

Sind die drei Bestandtheile: Schwefel, Salpeter und Kohle in genügender Reinheit gegeben, so ist die Herstellung des Schießpulvers eigentlich eine höchst einfache und rein mechanische Operation. Zunächst müssen die Bestandtheile zerkleinert werden, dem folgt das Mengen, wodurch für eine innige Mischung gesorgt wird, und endlich wird der Pulversatz gepreßt, gedichtet, wodurch man die Wirkung wesentlich erhöht. Zur Zerkleinerung dienen, wenn auch nur mehr selten, Stampfmühlen, dann wird gewöhnlich ein Gemenge aller drei Bestandtheile gleichzeitig der Zerkleinerung unterworfen, und dadurch nicht nur das Mengen, sondern auch das Dichten in einer Operation besorgt.

Digitized by Google

Die Stampfwerke bestehen aus einem horizontal liegenden Eichenbaume bb, Mörser oder Grubenstock geheißen, in welchen in Entfernungen von je 0·7 m Stampflöcher eingebohrt sind. Diese erweitern sich in der Mitte und verengen sich nach unten zu wieder, damit die Pulvermasse, welche sich während des Stampfens gern an den Wänden hinaufzieht, wieder in das Stampfloch zurückfallen kann. Am Boden jedes Stampfloches ist ein Stück sehr hartes Holz c eingesetzt, die Stampfer dd sind mit einem Schuh aus Bronze ee versehen.

Die Stampfer werden durch ein Wasserrad oder einen Pferdegöpel in Bewegung gesetzt. Die Bewegung theilt sich zunächst den beiden Kammrädern l und L und von diesen der Daumenwelle AB mit. Letztere trägt die Hebedaumen ee, die den zugehörigen Stempel bei jeder Umdrehung der Welle an der Hebeplatte ergreifen. Dadurch wird der Stempel gehoben, endlich gleitet die Hebeplatte vom Daumen ab und der Stempel fällt etwa 0·4 m in das Stampfloch zurück.



Läuferwerk, System Gruson.

Die Leistung solcher Stampfmühlen ist jedoch nur sehr unvollkommen, man wendet daher in allen größeren Pulverfabriken Läuferwerke an, welche die aus der nebenstehenden Abbildung ersichtliche Einrichtung besitzen.

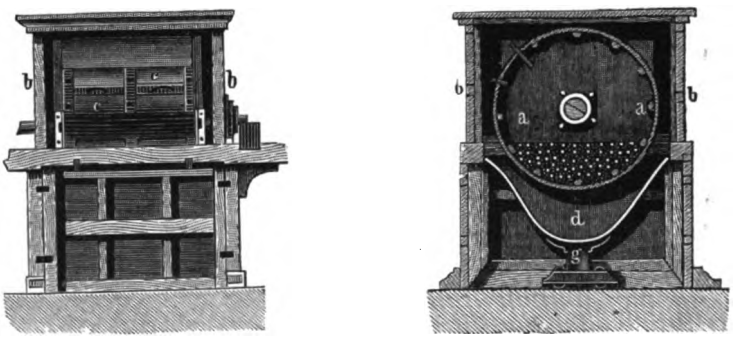
Die auf dem Teller A ausgebreitete Masse wird durch die Läufer BB zermalmt und durch die Pflüge E, welche an zwei, auf der Welle C aufgekeilten schmiedeisernen Armen befestigt sind, immer wieder in die Bahn der Läufer zurückgeführt. An jedem Läufer ist ein Kratzer F angebracht, welcher verhindert, daß Pulver aus dem Teller herausgeworfen wird. Die Läufer werden aus Hartguß hergestellt, abgedreht und polirt; ihr Gewicht beträgt etwa 5500 kg. Jeder Läufer dreht sich auf einer mit ihrem Zapfen im Kreuzkopf der Welle gelagerten Kurbelachse, und ist an einer auf der Welle C sitzenden Traverse D doppelt aufgehangen. Dadurch wird erreicht, daß sich jeder Läufer unabhängig von dem anderen zu bewegen vermag, und mit seiner arbeitenden Fläche stets parallel zur Bahn bleibt, einerlei, ob sich unter dem einen oder anderen Läufer eine größere Menge Substanz angesammelt hat. Zum Antriebe des Läuferwerkes dient das conische Rad G.

Ende des vergangenen Jahrhundertes kamen in Frankreich die Pulverisirtrommeln auf. Die Revolutionskriege hatten einen ganz außerordentlich gesteigerten

Digitized by Google

Verbrauch an Schießpulver zur Folge, so daß die bis dahin üblichen Stampf- und Walzmühlen den gesteigerten Ansprüchen nicht mehr genügten. Man hat seines Ursprunges halber dieses Verfahren auch das „Revolutionsverfahren" genannt. Die Einrichtung solcher Trommeln veranschaulichen die untenstehenden Abbildungen.

Die Trommel ist mit einem hölzernen Kasten bb umgeben, die Innenwände sind mit halbrunden Leisten a besetzt, die zu zerkleinernde Masse wird durch die bei cc befindliche Thür mit einer Anzahl von Bronzekugeln eingetragen, worauf man die Trommel in Bewegung setzt; die Zahl der Umdrehungen beträgt 10 bis 30 pro Minute. Ist die Zerkleinerung, welche hier die Bronzekugeln bewirken, genügend weit fortgeschritten, so hält man die Trommel an, und setzt an Stelle der Thür ein weitmaschiges Messingsieb ein. Läßt man die Trommel nun wieder laufen, so fällt die zerkleinerte Masse in den mit Wachstuch ausgekleideten Behälter d, und gelangt von hier durch den Schlauch g nach einem untergestellten Fasse.




Pulverisirtrommel.

Längsschnitt. Querschnitt.

Das Mengen der einzelnen Bestandtheile des Schießpulvers geschieht ausnahmslos in rotirenden Trommeln und muß sehr gründlich vorgenommen werden, da davon ein guter Theil der Wirksamkeit des Präparates abhängt.

Durch das nun folgende Dichten des Pulvers bezweckt man eine stärkere Wirkung desselben zu erzielen, und zwar ist dies dadurch zu erklären, daß ein dichteres, also mehr zusammengepreßtes Schießpulver eine größere Menge Substanz in der Raumeinheit enthält. Man bewirkt das Dichten entweder dadurch, daß man es in einem Läuferwerke bearbeitet, oder aber, indem man es direct dem Drucke starker Pressen aussetzt. Pulver, welches in Stampfmühlen erzeugt wurde, ist schon genügend gedichtet, doch ist diese Bereitungsweise nur scheinbar vortheilhafter als jene, bei welcher das Zerkleinern, Mengen und Dichten in verschiedenen aufeinanderfolgenden Operationen vorgenommen wird, da das fertige Product niemals eine wirklich tadellose Beschaffenheit besitzt.

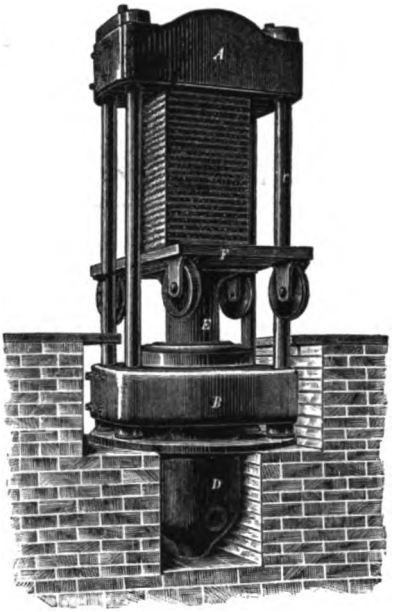
Dem Pressen muß ein Befeuchten des Pulversatzes mit Wasser vorhergehen, dann wird er entweder in hydraulische Pressen oder in Walzenpressen gebracht.

Digitized by Google

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

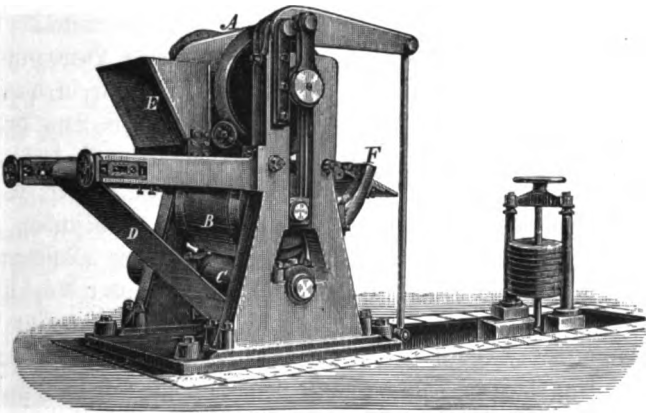


Die hydraulischen Pressen bestehen aus dem oberen und unteren Widerlager A und B, den Säulen C und dem Cylinder D mit dem Kolben E und dem Kolbenansatze. Dieser ist dazu bestimmt, einen mit der zu pressenden Masse beladenen Wagen F, der auf einem Geleise in die Presse geschoben wird, aufzunehmen. Das zu pressende Pulver wird, nachdem es mit etwa 8 bis 10% Wasser angefeuchtet wurde, auf Kupfer- oder Bronzeplatten gebreitet, so daß circa 9 cm hohe Lagen entstehen; 10 bis 12 solcher Bleche werden übereinander gelegt und gleichzeitig in die Presse eingefahren. Je nach der Größe üben diese Pressen einen Totaldruck von 250.000 bis 1,000.000 kg aus.




Hydraulische Presse.

Die Walzenpressen bestehen aus drei übereinander liegenden Walzen A, B, C, von denen die untere fest gelagert ist, während die mittlere und die obere dadurch beweglich sind, daß ihre Lager in den Ständer der Maschine gleiten. Die Pulvermasse wird durch ein endloses Tuch D, welches unter einem mit der Masse angefüllten, unten offenen Kasten E hinweg geht, der Walze zugeführt. Sind diese passirt, so bricht der Pulverkuchen, nachdem dessen minder dicke Ränder mittelst des verstellbaren Messers F beschnitten sind, durch die eigene Schwere ab. Der Druck, welchen die Walzen ausüben, beträgt je nach der Größe der Maschine 30.000 bis 50.000 kg.

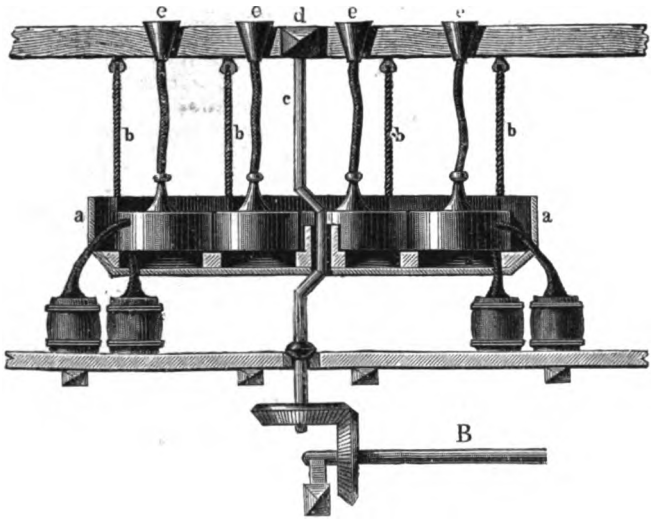



Walzenpresse.

Würde man die gepreßte Pulvermasse trocknen und verwenden, so wäre ihre Wirkung nur sehr gering, denn die Verbrennung, die rasch verlaufen muß, würde sich in der dichten Masse nur sehr langsam fortpflanzen. Um eine rasche Verbrennung zu erreichen, wird die stark gepreßte Masse in kleine Körner zertheilt, gekörnt, die zwischen den einzelnen Körnchen bleibenden Zwischenräume ver-

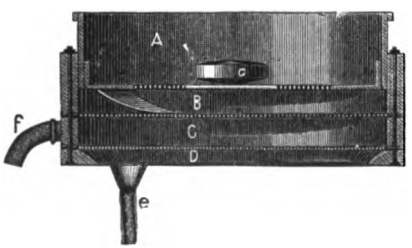
Digitized by Google

mitteln die rasche Entzündung der ganzen Masse. Je feinkörniger ein Pulver ist, desto rascher entzündet es sich, und eine desto kräftigere Wirkung ist ihm eigen. Man wendet daher für Gewehre ein feinkörnigeres Pulver an als für Geschütze, denn bei diesen wäre bei einer sehr raschen Verbrennung des Pulvers die Gefahr des Zerspringens des Rohres zu groß. Staubpulver äußert die geringste Wirkung, und deshalb findet es hauptsächlich in der Feuerwerkerei Anwendung.



Lefebvre'sche Körnmaschine.

Das Körnen des Pulvers geschieht mit Hilfe von Sieben oder mittelst eigener Maschinen. Die Siebe sind bei der Lefebvre'schen Körnmaschine in einem achteckigen Kasten a, welcher oben offen ist, untergebracht, die senkrechtstehende schmiedeeiserne Kurbel c geht durch die Mitte dieses Kastens, oben findet die Kurbel in dem horizontalen Balken d einen Stützpunkt, sie wird von der Welle B aus in Bewegung gesetzt. Der Kasten ist mit Seilen oder Stangen bb an dem horizontal liegenden Balken in solcher Weise aufgehangen, daß ihm die in Bewegung gesetzte Kurbel mittelst des Krummzapfens eine kreisende Bewegung ertheilt. Jedes der acht oder zwölf in dem Kasten befindlichen Siebsysteme ist aus drei Sieben zusammengesetzt, das erste ist das Schrotsieb A, in welchem sich ein Läufer, d. i. ein linsenförmiges Stück Holz c befindet, welcher die Pulvermasse durch die Maschen des Netzes drückt. Das zweite oder Körnsieb B besteht aus Messingdraht, und besitzt 20 Maschen pro Quadratcentimeter. Die durch das Körnsieb fallende Masse gelangt auf das Staubsieb C und von hier wird der Staub nach D und von da durch den Schlauch e in ein Faß befördert. Das gekörnte Pulver dagegen, welches die engen Maschen von C nicht mehr zu passiren vermag, gelangt durch den Schlauch F ebenfalls in ein besonderes Faß.



Lefebvre'sche Körnmaschine, Siebsystem.

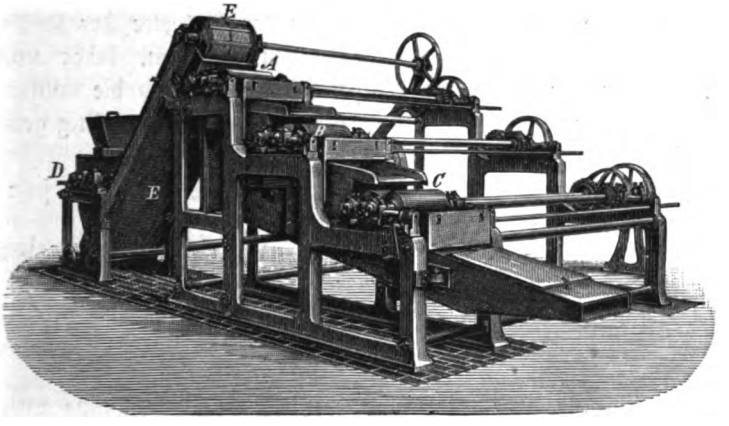
Die Congrev'sche Körnmaschine besteht aus drei Paar Messingwalzen, welche mit vierseitigen Pyramiden besetzt sind. Durch ein Tuch ohne Ende gelangt

Digitized by Google

der Pulverkuchen zum ersten Walzenpaare. Der Boden des Kastens, in welchem sich der Pulverkuchen befindet, kann nach Art des Kolbens in einem Pumpenstiefel sich senken und heben. Indem der Boden nun langsam nach aufwärts steigt, läßt er aus einer seitlichen Oeffnung die Pulvermasse gleichmäßig auf ein Tuch ohne Ende fallen.

Während des Durchganges zwischen den Walzen wird das Pulver gekörnt und fällt dann auf zwei Systeme von Sieben, welche sich in rüttelnder Bewegung befinden, unter diesem sind noch weitere Siebe angeordnet, welche das Sortiren der Körner besorgen.

In der untenstehenden Abbildung der Congrev'schen Körnmaschine sind mit A, B, C die drei in schräger Richtung übereinander liegenden Walzenpaare bezeichnet. Die Pulvermasse wird, nachdem sie durch das Vorbrechwalzenpaar D




Congrev'sche Körnermaschine.

gegangen ist, durch den Elevator E mittelst eines mit Aufnahmehölzern versehenen Tuches ohne Ende auf das oberste Walzenpaar gehoben, dieses ist aus Bronze verfertigt.

Das gekörnte Pulver läßt man nun lufttrocken werden und bringt es dann in rotirende Trommeln, worin sich die eckigen Körner gegenseitig reiben, abschleifen, und dadurch zu Kugeln werden. Ist dies erreicht, so wird das Pulver noch weiter, gewöhnlich unter Anwendung künstlicher Wärme getrocknet, vom anhaftendem Staube befreit, und ist nun zum Versandt und Gebrauche fertig.

Die Zusammensetzung einiger Pulversorten ist aus folgender Tabelle zu entnehmen.

| | Salpeter | Schwefel | Kohle |
|---|---|---|---|
| Büchsenpulver aus dem Jahre 1546 . . . . | 83·4 | 8·3 | 8·3 |
| " " " " 1649 . . . . | 72·5 | 13·0 | 14·5 |
| Pulver Friedrich des Großen . . . . . | 80 | 10 | 10 |



Digitized by Google

| | Salpeter | Schwefel | Kohle |
|---|---|---|---|
| Deutsches Jagdpulver . . . . . | 74 | 10 | 16 |
| Französisches Pulver . . . . . | 75 | 12·5 | 12·5 |
| Deutsches Sprengpulver . . . . . | 66·0 | 12·5 | 21·5 |
| Oesterreichisches Sprengpulver . . . . . | 64 | 16 | 20 |

Schwefel, Salpeter und Kohle sind einzeln genommen eigentlich recht harmlose Körper, der Schwefel brennt ruhig mit blaßblauer Flamme, der Salpeter brennt überhaupt nicht, und die Eigenschaften der Kohle sind auch nicht derart, daß wir in ihr das wirksame Princip des Schießpulvers suchen werden. Wie erklärt sich also die gewaltige Wirkung selbst geringer Pulvermengen?

Wenn wir Salpeter auf ein glühendes Stück Holzkohle werfen, so verpufft er heftig, tränken wir Kohle oder Baumwolle mit einer Lösung von Salpeter, so erhalten sie die Eigenschaften, nach dem Trocknen fortzuglimmen, wenn sie angezündet werden. Wie wir sehen, vermag also der Salpeter der Kohle und auch anderen brennbaren Körpern die Eigenschaft zu verleihen, leicht und rasch zu verbrennen. Mischen wir Kohle und Salpeter innig, so wird die vollständige Verbrennung des einmal entzündeten Gemenges, wenn dasselbe sorgfältig genug gemischt war, auch bei vollständigem Luftabschluß erfolgen.

Nun lehrt uns die analytische Chemie, daß der Salpeter ein sehr sauerstoffreicher Körper ist, er enthält:

| | |
|---|---|
| Kalium . . . . . | 38·6% |
| Stickstoff . . . . . | 13·9% |
| Sauerstoff . . . . . | 47·5% |

Der Sauerstoff ist aber jenes Gas, welches die Verbrennung unterhält, und die Verbrennung der Kohle beruht in nichts anderem, als daß sie sich mit dem Sauerstoffe der Luft zu Kohlensäure, der gasförmigen Verbindung aus Kohlenstoff und Sauerstoff bestehend, vereinigt. Fehlt der Sauerstoff, so vermag die Kohle nicht zu brennen, im Gemenge mit Salpeter, der fast zur Hälfte seines Gewichtes aus Sauerstoff besteht, bezieht sie diesen von ihm, und da bei einem richtigen Mengungsverhältnisse Sauerstoff in überreicher Menge vorhanden ist, so erfolgt die Verbrennung sehr lebhaft und rasch, wie wir auch ein glühendes Stück Kohle, in gasförmigen reinen Sauerstoff gebracht, mit hellem Lichte verbrennen sehen können.

Die Erfahrung hat nun gelehrt, daß ein Gemenge von Salpeter, Kohle und Schwefel besonders rasch zu verbrennen vermag, und eine solche Mischung ist unser Schießpulver.

Bei der Verbrennung des Schießpulvers, die bekanntlich ungemein rasch, fast blitzartig erfolgt, entstehen verschiedene Verbrennungsproducte, die wichtigsten sind Kohlensäure, dann Kohlenoxyd und endlich wird der im Salpeter enthaltene Stickstoff als solcher im gasförmigem Zustande frei.

Digitized by Google

Wenn wir diese Gase in geeigneten Apparaten auffangen und messen, so kommen wir zu dem überraschenden Resultate, daß die geringe Menge von 5 g Schießpulver nahezu 1 l Gase liefert. Messen wir andererseits die beim Verbrennen des Pulvers auftretende Temperatur, so finden wir, daß sie zwischen 3000 und 5000° beträgt.

Nun lehrt die Physik, daß sich jedes Gas bei der Erwärmung um 1° um $\frac{1}{273}$ seines Volumens ausdehnt, d. h. 1 l Gas, bei 0° gemessen, wird bei 273° den Raum von 2 l einnehmen. Aus diesen Zahlen können wir also entnehmen, daß die Gase, welche sich bei der Verbrennung selbst geringer Pulvermengen im geschlossenen Raume entwickeln, ein ganz gewaltiges Volumen einnehmen werden.

Vergegenwärtigen wir uns nun, daß die Verbrennung des Pulvers in einem allseits geschlossenen und sehr kleinen Raume, etwa in der Kammer eines Gewehres, erfolgt, so werden wir begreifen, daß die entstehenden, und auf einen so kleinen Raum zusammengepreßten Pulvergase einen gewaltigen Druck auf die Wände ihres Gefängnisses ausüben werden, und dieser Druck wird um so stärker sein, je rascher das Pulver verbrennt. Da das Geschoß aber verhältnismäßig locker sitzt, und den Pulvergasen den geringsten Widerstand entgegensetzt, so wird es mit großer Kraft vorwärtsgetrieben und aus dem Laufe geschleudert. Das Gleiche ist mit dem Geschoße im Kanonenrohre der Fall, und im Bohrloche müssen selbst die Felswände der gewaltigen Kraft und dem plötzlichen Drucke der Pulvergase weichen, denn nur diese sind es, welche die Wirkung des Pulvers bedingen.

Nun begreifen wir auch, weshalb ein feinkörniges Pulver kräftiger wirkt wie ein grobkörniges, ersteres verbrennt rascher, es wird sich die Gasmenge in einer verhältnismäßig kürzeren Zeit entwickeln, und der Stoß, den daher das Geschoß erhält, ist größer, wie wenn das Pulver nur langsam verbrennt und sich noch immer Gase entwickeln, während das Geschoß schon in Bewegung begriffen ist. Handelt es sich endlich darum, einem schweren Geschoße eine große Geschwindigkeit und hohe Durchschlagskraft zu ertheilen, so wäre wohl theoretisch feinkörniges Pulver hierzu am geeignetsten. Da aber das schwere Geschoß auch den Pulvergasen einen größeren Widerstand entgegensetzt als etwa eine Büchsenkugel, so tritt bei Pulver, welches sehr rasch verbrennt, die Gefahr ein, daß früher das Rohr des Geschützes springt, ehe das Geschoß es verlassen hat. Man wendet daher für Geschütze grobkörnige Pulversorten, welche langsamer verbrennen und mehr treibend wirken, an; diesen Erwägungen entsprang auch die Herstellung der gepreßten Pulversorten, welche zuerst im amerikanischen Bürgerkriege zur Anwendung gelangten.

Als man nämlich zum erstenmale Panzerschiffen gegenüber stand, war man natürlich bestrebt, die Wirkungsfähigkeit der Geschütze in solcher Weise zu erhöhen, daß die Geschoße die Panzerplatten zu durchschlagen vermögen. Die Amerikaner stellten sofort ausgedehnte Versuche an, um diese Frage zu lösen.

Zunächst ergab sich, wie schon angedeutet, daß der Zweck durch Anwendung größerer feinkörniger Pulverladungen sich nicht erreichen ließ, da die Gefahr des Zerspringens der Rohre zu groß wurde. Man stellte in der Folge nun in Amerika

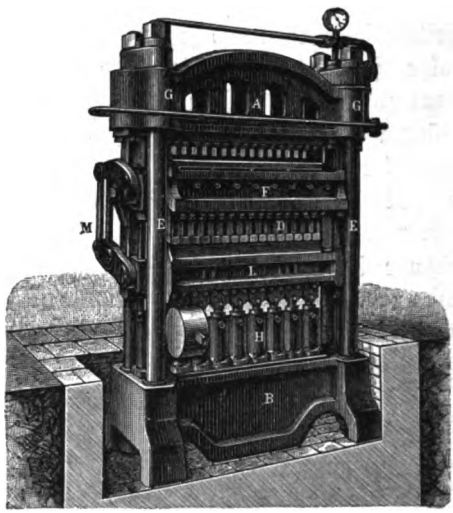


Digitized by Google

Versuche über die Gasspannungen an, welche entstehen, wenn man Pulversorten verschiedener Korngröße zur Ladung benützt. Diese Versuche ergaben, daß sich allerdings mit der Verkleinerung des Kornes Gasspannung, Anfangsgeschwindigkeit und Schußweite, mithin auch die Durchschlagskraft erhöhen, doch leiden dabei, wie erwähnt, die Rohre zu sehr. Man wählte deshalb den entgegengesetzten Weg, man verwendete große Körner und suchte die eintretende Verminderung der Anfangsgeschwindigkeit der Geschoße durch Vermehrung der Pulverladung auszugleichen.

Diese Versuche führten im Jahre 1862 in Amerika zur Herstellung des Mammuth-Pulvers, dessen Körner einen Durchmesser von 1·5 bis zu 2·6 cm besaßen.

Prismatisches Pulver.




Hydraulische Presse zur Herstellung des prismatischen Pulvers. (System Gruson.)

Das Mammuth-Pulver wurde jedoch bald durch das prismatische Pulver verdrängt, dessen Vortheile hauptsächlich darin zu suchen sind, daß die Verbrennung der kleineren Oberfläche wegen langsamer erfolgt, wobei sich die Gase allerdings langsamer entwickeln und der Gasdruck auch langsamer steigt. Die Kraft des Pulvers kommt aber doch zur Geltung, da die Rohre länger sind, das Geschoß daher längere Zeit im Rohre verweilt und die Wirkung des Gasdruckes vollständig ausgenützt wird.

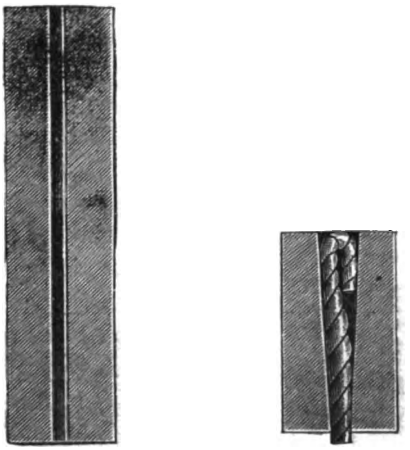
Das prismatische Pulver wird durch Pressen des Pulversatzes hergestellt. Die dazu dienenden hydraulischen Pressen, System Gruson, bestehen aus dem oberen Widerlager A, an welchem die feststehenden Oberstempel angebracht sind, und aus dem unteren Widerlager B, welches mit dem oberen durch vier Säulen E verbunden ist. Der bewegliche Matrizentisch F liegt zwischen den Säulen der Presse und hängt an dem Kolben der hydraulischen Presse G, welche zu beiden Seiten

Digitized by Google

des oberen Widerlagers sich befinden. Auf dem unteren Widerlager B ist eine Anzahl Preßcylinder H angebracht, auf deren verlängerten Kolben die mit Nadeln versehenen Unterstempel D sitzen. Diese Preßcylinder üben die eigentliche Preßarbeit aus.

Auch für Sprengungen wird gepreßtes Pulver vielfach angewendet, man giebt ihm cylindrische Form und bringt in der Längsrichtung einen sich verjüngenden Canal an, welcher das Einklemmen der Zündschnur gestattet.

Jahrhunderte hindurch war das Schieß- oder Schwarzpulver der unumschränkte Alleinherrscher auf seinem Gebiete. Die Pulverfabrikation wurde in dieser Zeit technisch so vervollkommnet, daß Verbesserungen nicht mehr möglich sind, man war aber auch nicht im Stande, seine Wirkung zu vermehren. Mit den Fortschritten jedoch, die auf rein technischem Gebiete gemacht wurden, trat das Bedürfnis nach kräftiger wirkenden Explosivstoffen immer mehr in den Vordergrund und als im Jahre 1846 die von Schönbein und gleichzeitig auch von Böttger entdeckte Schießbaumwolle bekannt wurde, die das Schießpulver an Kraft um das Mehrfache übertraf, war man sofort bestrebt, sie technischen wie militärischen Zwecken dienstbar zu machen.



Gepreßtes Sprengpulver.

Die erste Schießbaumwolle war jedoch mit vielen Mängeln behaftet und das gefährlichste an ihr war der Umstand, daß häufig durch Zersetzung des Präparates freiwillige Explosionen eintraten. Später hat man dann allerdings gelernt, der Schießbaumwolle eine größere Stabilität zu ertheilen, inzwischen war aber das Dynamit und das Nitroglycerin bekannt geworden, man lernte die Darstellung der rauchschwachen Pulversorten und damit erwuchsen der Schießbaumwolle gewaltige Concurrenten, so daß sie heute nur mehr in wenigen Fällen, so besonders im gepreßten Zustande zur Ladung der Torpedos und unterseeischen Minen, angewendet wird.

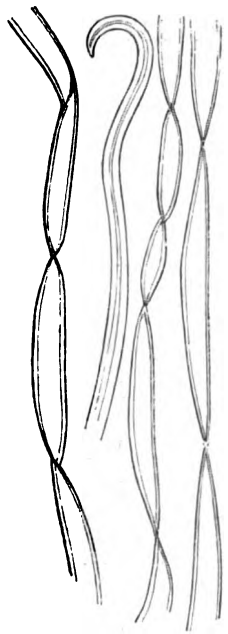
Während die Fabrikation des Schießpulvers eine rein mechanische Operation ist, werden die Schießbaumwolle und das Nitroglycerin, überhaupt die sogenannten „Nitropräparate“ durch einen rein chemischen Vorgang hergestellt. Dieser Vorgang wird als „Nitrirung“ bezeichnet.

Wird entfettete und gereinigte Baumwolle, welche fast aus reiner Cellulose besteht — diese enthält die Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff — mit concentrirter Salpetersäure behandelt, so nimmt sie aus dieser Stickstoff und Sauerstoff auf, während gleichzeitig ein Theil des Wasserstoffes und Sauerstoffes sich zu Wasser vereinigt und austritt. Da dieses Wasser die Salpetersäure ver-

Digitized by Google

dünnen und unwirksam machen würde, so wendet man sie im Gemische mit concentrirter Schwefelsäure an, welche, wie wir schon gesehen haben, die Eigenschaft besitzt, Wasser zu binden.

Die mit einem solchen Gemische behandelte Baumwolle unterscheidet sich nach dem Waschen und Trocknen in ihrem Aussehen nicht von gewöhnlicher Baumwolle. Während aber diese nur sehr schwer brennt und nach dem Anzünden bald verlöscht, verbrennt die Schießbaumwolle, in Berührung mit einer Flamme gebracht, augenblicklich, und dieser Vorgang erfolgt so rasch, daß man Schießbaumwolle auf der Hand entzünden kann, ohne sich Brandwunden zuzuziehen. In gleicher Weise wie die Baumwolle verhält sich Cellulose überhaupt, also auch Holzcellulose; auch Stärke und Zucker kann nitrirt werden.



Zellen der Baumwolle.

Schießpulver explodirt, wenn es entzündet wird, was mit Hilfe der Zündschnüre oder in Gewehrpatronen mit Hilfe eigener Zündkapseln geschieht. Anders dagegen verhalten sich die Nitropräparate. Diese gehören zu den indirect explodirenden Stoffen und bedürfen, um zur Explosion gebracht zu werden, eines Zwischenmittels, eines Knallpräparates. Erst die Erschütterung, welche dieses — gewöhnlich wird Knallquecksilber verwendet — hervorruft, führt zu einer momentanen und vollständigen Zersetzung der Schießbaumwolle, wobei sie ihre gewaltige Wirkung zu äußern vermag. Der Vorgang, welcher sich dabei abspielt, ist jedoch jenem analog, den wir bei der Explosion des Schießpulvers kennen gelernt haben: auch hier entwickelt sich binnen sehr kurzer Zeit eine große Gasmenge, die bei der hohen Explosionstemperatur ein großes Volumen einnimmt und sich nun Raum zu schaffen sucht, wobei sie zerstörend auf die Umgebung oder treibend auf das Geschoß einwirkt.

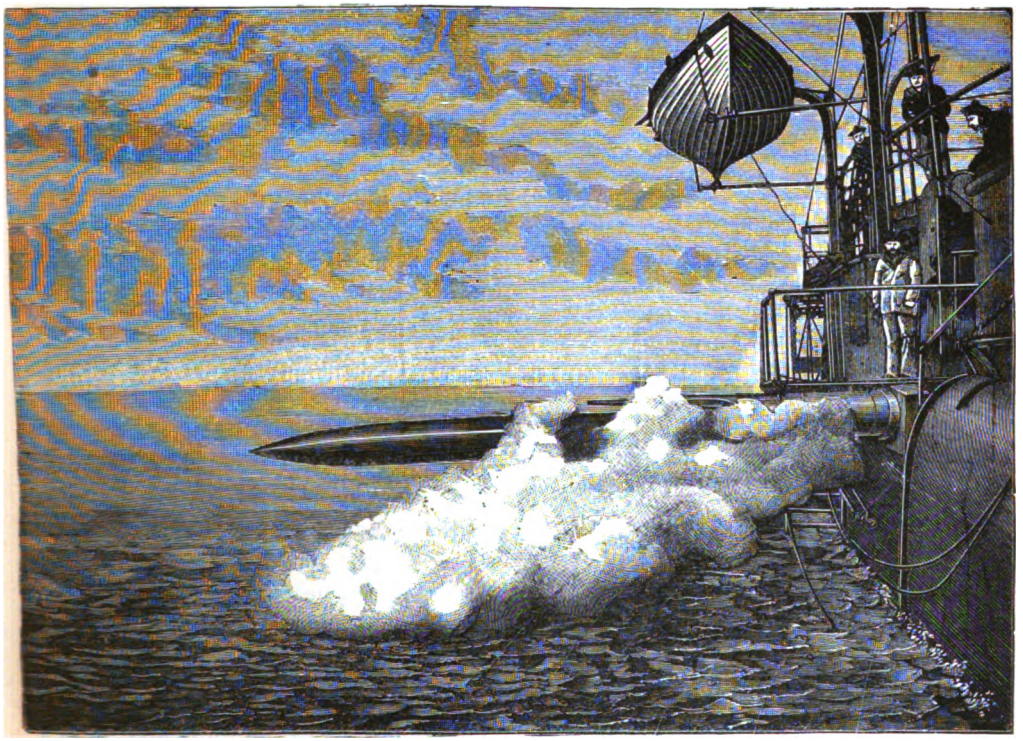
Ueber die Ausführung der Nitrirung selbst ist nicht viel zu sagen. Sie wird in Steinguttöpfen vorgenommen, in welchen sich das Gemenge von concentrirter Salpetersäure und Schwefelsäure befindet. In dieses wird die Baumwolle in Strähnen eingetragen und darin bewegt, wobei man durch gelindes Drücken für eine innige Berührung mit dem Nitrirungsgemische sorgt. Die Nitrirung ist nach kurzer Zeit vollendet, während dieses Vorganges entweichen rothbraune Dämpfe von Untersalpetersäure, welche ins Freie geleitet werden müssen.

Der zweite Theil der Fabrikation besteht in dem gründlichen Waschen der nitrirten Baumwolle und dieser Vorgang ist von besonderer Wichtigkeit, da die hinterbleibenden Säurespuren den Anlaß zu Veränderungen geben, welche zur freiwilligen Explosion oder doch zum Unbrauchbarwerden der Schießbaumwolle führen können.

Digitized by Google

Wie aber eine Betrachtung der Baumwollfaser durch das Mikroskop erkennen läßt, besteht sie aus langgestreckten spindelförmigen Zellen, und jene Säure, welche in diese Zellen eingedrungen ist, kann selbst durch das gründlichste Waschen nicht mehr vollständig entfernt werden.

Man ging daher zur Fabrikation der gepreßten Schießbaumwolle über. Hier wird nach dem Nitriren die Schießbaumwolle in einen sogenannten „Holländer" gebracht, es ist dies eine innen mit Messern besetzte rotirende Trommel, in welcher

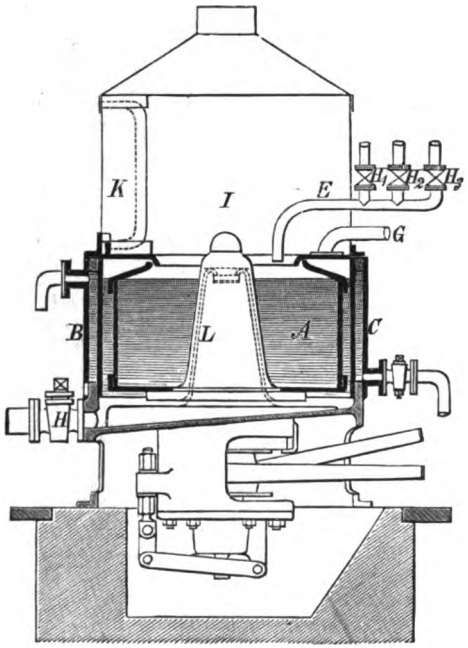


Lancirung eines Torpedo mittelst Schießbaumwolle.

sich Wasser befindet. Die Messer zerreißen und zertheilen das eingetragene Material und verwandeln es endlich nach vielen Stunden in einen ganz gleichmäßigen Brei, der keine größeren Stückchen mehr enthält. Dabei wird selbstverständlich eine große Anzahl der Zellen geöffnet, und nun ist es möglich, den Brei sehr gründlich auszuwaschen und zu entsäuern. Ist dies erfolgt, so werden mit Hilfe hydraulischer Pressen prismatische Cylinder aus diesem Breie hergestellt, oder es werden ihm bestimmte Formen ertheilt, die sich der Gestalt des auszufüllenden Hohlraumes, wie beispielsweise der Torpedo anpassen; ein besonderer Vortheil ist es, daß die gepreßte Schießbaumwolle auch auf der Drehbank bearbeitet werden kann.

Digitized by Google

In neuerer Zeit wurden auch besondere Apparate, welche sich sehr gut bewährten, zur Ausführung der Nitrirung construirt. So besteht die Nitrircentrifuge von Selwig & Lange im Wesentlichen aus einer Centrifuge mit gelochter Trommel A. Die Nitrirsäure befindet sich in dem Gehäuse der Centrifuge B, welches die Trommel in geringem Abstande umgiebt. Da der Trommelmantel siebförmig durchlöchert ist, tritt die Säure auch in diese ein. In dem Zwischenraume C läßt man, da die Nitrirung bei ganz bestimmter Temperatur ausgeführt werden muß, je nach Bedarf kaltes oder warmes Wasser circuliren. Die Spindel der Trommel läuft in einem Spurlager und in einem Halslager, welches innerhalb der conischen Erhöhung L angebracht ist. Der Säurebehälter B besitzt einen geeigneten Boden, von dessen tiefster Stelle das durch den Hahn H verschlossene Ausflußrohr abzweigt. Ueber dem Apparate befindet sich der Dunstfang I, welcher zu einem Exhaustor führt; dadurch wird dem Uebertreten der Säuredämpfe in den Arbeitsraum vorgebeugt. Durch das Rohr G ziehen die sich während des Schleuderns bildenden Säuredämpfe ab, die Säure fließt durch das Rohr E zu, welches durch die Hähne $H_1$, $H_2$, $H_3$ mit den verschiedenen Säurebehältern verbunden ist.



Nitrircentrifuge von Selwig & Lange.

Zunächst wird die Centrifuge mit Säure gefüllt und dann die zu nitrirende Substanz eingetragen. Ist die Nitrirung beendet, während welcher sich die Centrifuge in Ruhe befindet, so läßt man die Säure abfließen und schleudert dann die Säure, welche noch an der Faser sitzt, ab, was bis auf einen sehr geringen Rest ausführbar ist. Dann wird die Centrifuge entleert, die nitrirte Substanz wird zu den Waschvorrichtungen gebracht, während die Centrifuge selbst sofort wieder verwendet werden kann.

Das zur Nitrirung verwendete Säuregemisch wird nach einiger Zeit zu verdünnt, um noch weiter Verwendung finden zu können. Man hat deshalb Apparate construirt, welche die Wiederverwerthung und Regenerirung dieser Abfallsäure gestatten.

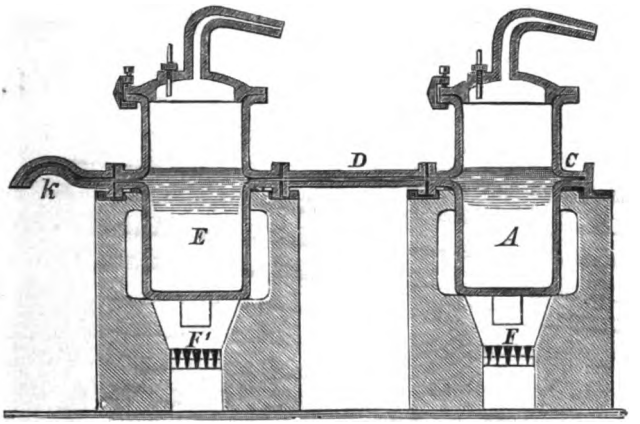
So besteht der Chardonnet'sche Apparat aus zwei durch ein Ueberlaufrohr miteinander in Verbindung stehenden Destillirblasen. Durch den Rohransatz C wird das Gemisch von Salpetersäure und Schwefelsäure in die erste Blase A eingeführt und in dieser constant auf 130 bis 170° erhitzt. Es destillirt eine ziemlich

Digitized by Google

reine Salpetersäure ab, während die gereinigte Schwefelsäure zu Boden sinkt und durch das Rohr D nach der zweiten Blase E geleitet wird. Hier wird eine Temperatur von 200 bis 210° erhalten, wobei ebenfalls verdünnte Salpetersäure abdestillirt, während die concentrirte Schwefelsäure zu Boden sinkt und durch das Rohr K abgezogen wird. Die Feuerung erfolgt von F und $F^1$ aus.

Je nach der Ausführung der Nitrirung, der dabei eingehaltenen Temperatur, der Concentration der Säuren u. s. w. erhält man nitrirte Baumwolle von verschiedenen Eigenschaften, welche man als „höher nitrirte" und „geringer nitrirte" Baumwolle bezeichnen kann. Während die höher nitrirte Baumwolle sich durch bedeutende Sprengwirkung auszeichnet, besitzt die nieder nitrirte andere werthvolle Eigenschaften, welche sie zu manchen Verwendungsarten in der Technik geeignet machen.

Eine der wichtigsten sonstigen Eigenschaften der nitrirten Baumwolle ist ihre Löslichkeit in verschiedenen Lösungsmitteln. Schießbaumwolle löst sich in Nitroglycerin und darauf beruht die Herstellung der noch zu besprechenden Sprenggelatine; sie löst sich auch in Essigäther und Aceton, und aus dieser Lösung wird das „rauchschwache Schießpulver" bereitet.




Chardonnet's Apparat zur Wiedergewinnung der Abfallsäuren.

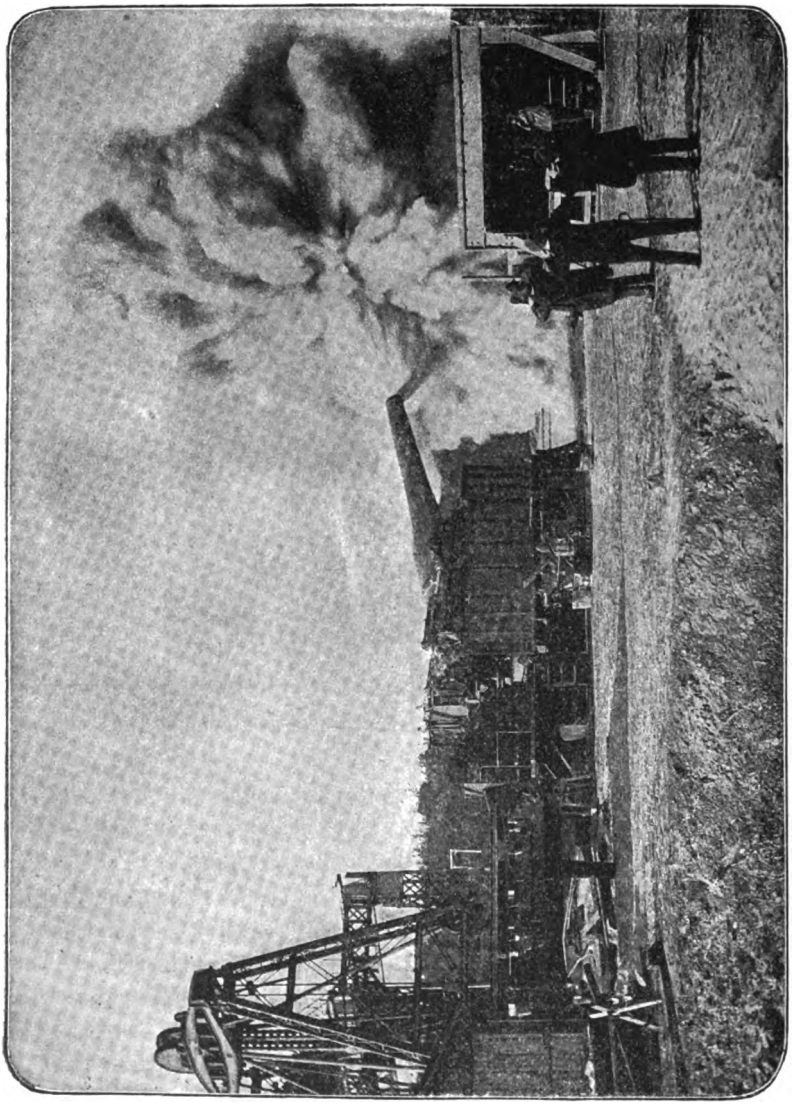
Die nieder nitrirte Baumwolle, die sogenannte Collodiumwolle, löst sich in einem Gemische von Alkohol und Aether, sie dient zur Herstellung des Collodiums und endlich wird aus ihr das Celluloid und die künstliche Seide dargestellt.

Das Schießpulver besitzt die Eigenschaft, bei der Verbrennung, beziehungsweise Explosion große Mengen Pulverrauch zu entwickeln, der dem Schützen den freien Ausblick benimmt und es häufig sehr erschwert, wahrzunehmen, ob das Ziel getroffen wurde. Noch viel unangenehmer macht sich aber der Pulverrauch bemerkbar, wenn Truppenabtheilungen im Feuer stehen. Dann ist schon nach wenigen Minuten die feuernde Abtheilung in dichten Rauch gehüllt, der den Ausblick unmöglich macht und die Anordnung von „Feuerpausen" erfordert. Außerdem verrathen diese Rauchwolken auch dem Gegner die Stellung der feuernden Abtheilung und werden dadurch zum gut sichtbaren Zielobject. Noch stärker und unangenehmer ist natürlich die Rauchentwickelung bei feuernden Geschützen.

Diese Uebelstände haben die Heeresverwaltungen dazu geführt, nach einem Sprengstoffe zu suchen, welcher keinen oder doch weniger Rauch entwickelte, und

Digitized by Google

dies führte zur Erfindung der sogenannten „rauchlosen“ oder richtiger „rauchschwachen“ Pulversorten, welche ebenfalls Nitroverbindungen sind. Im Augenblicke der Explosion entwickeln sie allerdings ebenfalls Rauch, doch in weit



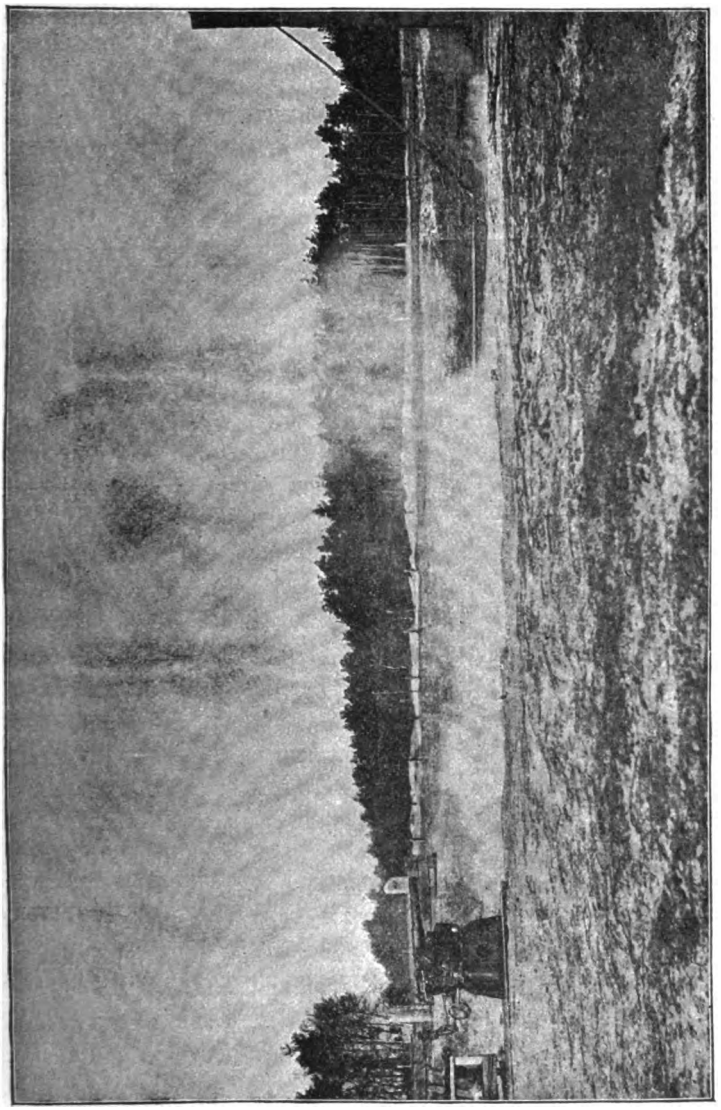
30½ Centimeter-Kanone, Ladung 200 kg, gewöhnliches Schwarzpulver.

geringerem Maße als das Schwarzpulver, überdies verflüchtigt sich dieser Rauch sehr rasch und lagert sich nicht wie der Pulverrauch einem Schwaden gleich vor die feuernde Abtheilung.

Mit der Einführung der rauchschwachen Pulversorten war aber noch ein weiterer Vortheil verbunden. Sie wirken nämlich weitaus kräftiger als das

Digitized by Google

Schwarzpulver und in Folge dessen war es möglich, den Geschossen eine höhere Anfangsgeschwindigkeit, mithin eine bedeutendere Flugweite und Durchschlagskraft zu ertheilen. Während seinerzeit die Geschosse der österreichischen Jägertruppe, als



7·5 Centimeter-Kanone, Ladung 0·585 kg, rauchschwaches Pulver.

diese noch mit Vorderladergewehren bewaffnet war, etwa 600 m weit trugen, was damals als ganz gewaltiger Effect betrachtet wurde, fliegen die Geschoße der modernen Hinterladergewehre bis zu 6000 m, und noch auf 2500 bis 3000 m ist es möglich, mit einer gewissen Treffwahrscheinlichkeit einen Schuß abzugeben.

Digitized by Google

Die Darstellung der rauchschwachen Pulver, deren es heute eine große Zahl giebt, besteht im Wesentlichen in Folgendem: Die nach Möglichkeit hoch nitrirte Schießbaumwolle wird zunächst im Holländer zerrieben und sorgfältig gewaschen und dann in Essigäther, einer Verbindung von Alkohol und Essigsäure, gelöst. Sie verwandelt sich dadurch in eine leim- oder gelatineartige Masse, welche zwischen Walzen unter hohem Drucke zu dünnen, durchscheinenden Blättern ausgewalzt wird. Aus diesen werden in Stanzvorrichtungen kleine viereckige Blättchen oder linsenartige Körper geschnitten, die durch Trocknen vollständig von dem Lösungsmittel befreit und schließlich in Rollvorrichtungen gerollt werden. Auf diese oder einer ähnlichen, im Principe jedoch gleiche Weise hergestellte rauchschwache Pulver finden heute in allen Armeen Verwendung, doch werden sie, ihrer verschiedenen vortheilhaften Eigenschaften wegen, auch gern von Jägern und Schützen benützt.

Behandelt man nieder nitrirte Baumwolle mit Aether oder einem Gemische von Aether und Alkohol, so erhält man eine dicke, schwach opalisirende, durchsichtige Lösung, das Collodium. In dünner Schicht ausgegossen, verdampft das Lösungsmittel sehr rasch und es hinterbleibt ein durchsichtiges dünnes Häutchen von Collodium, welches zur Ueberdeckung von Wunden und in der Photographie bei dem sogenannten nassen Verfahren angewendet wird. Im letzteren Falle löst man nämlich in dem Collodium Jod- und Bromsalze und überzieht damit die Glasplatten. Werden diese dann in einer Lösung von salpetersaurem Silber gebadet, so scheidet sich in der Collodiumschicht das lichtempfindliche Jod-, beziehungsweise Bromsilber ab.

Die Collodiumwolle besitzt aber noch eine weitere bemerkenswerthe Eigenschaft. Wird sie nämlich mit Kampfer erwärmt und gleichzeitig einem starken Drucke ausgesetzt, so verwandelt sie sich in eine durchsichtige, hornähnliche, ungemein zähe Masse, das Celluloid, das seiner prächtigen Eigenschaften wegen zur Herstellung der verschiedensten Stoffe, wie Kämme und Spielsachen für Kinder, im Gemenge mit Schwerspath und ähnlichen Stoffen zur Herstellung des künstlichen Elfenbeines dient. Das Celluloid läßt sich auch sehr leicht färben und diese Eigenschaft hat die vielseitige Verwendung dieses Stoffes noch bedeutend vermehrt.

Ein weiteres interessantes und technisch äußerst wichtiges Product, welches ebenfalls nitrirte Baumwolle als Ausgangsmaterial verwendet, ist endlich die von Chardonnet erfundene „künstliche Seide".

Zu deren Darstellung dient eine Lösung von Collodiumwolle, welcher noch verschiedene Zusätze, wie reducirende Metallsalze ꝛc. gemacht werden. Dann preßt man die Lösung mittelst geeigneter Vorrichtungen durch Capillarrohre, so daß das halberstarrte Gemisch in Form eines sehr dünnen Fadens austritt, der an der Luft rasch vollständig erstarrt. Diese künstliche Seide besitzt starken Glanz und kann auch beliebig gefärbt werden, sie besitzt eine bedeutende Zugfestigkeit und ist daher zur Herstellung von Gespinnsten trefflich geeignet. Der Zusatz der Metallsalze hat den Zweck, die künstliche Seide minder leicht verbrennbar und entzündlich zu machen, man unterwirft sie ferner noch an der Oberfläche einem

Digitized by Google

Denitrirprocesse, wodurch sich ihr Aussehen nicht verändert, jedoch ihr die immerhin unangenehmen sonstigen Eigenschaften der nitrirten Cellulose genommen werden.

Zur Darstellung der Nitropräparate, des rauchschwachen Pulvers, wie des Celluloides und der künstlichen Seide braucht nicht unbedingt Baumwolle verwendet zu werden, jede andere Cellulose, wie Holz. Stroh und Pflanzenfasern überhaupt lassen sich nitriren und in der geschilderten Weise weiter verarbeiten.

Aber nicht nur die Cellulose besitzt die Eigenschaft, sich nitriren zu lassen. Das gleiche ist auch bei einem anderen Körper, dem Glycerin der Fall, welches in Verbindung mit Fettsäuren die Fette bildet und aus diesen durch die Verseifung erhalten wird. Wir werden seine Darstellung noch kennen lernen.

Das Glycerin ist im reinen Zustande eine farblose, syrupähnliche Flüssigkeit, welche süß schmeckt und deshalb früher auch als „Oelsüß" bezeichnet wurde. Im chemischen Sinne ist es ein Alkohol und besteht aus den gleichen Elementen wie die Cellulose, nämlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Trägt man Glycerin in ein Gemisch von concentrirter Salpetersäure und Schwefelsäure ein, so spielt sich der gleiche Vorgang ab, welchen wir bei der Nitrirung der Baumwolle kennen gelernt haben: Stickstoff und Sauerstoff wird aufgenommen, Wasser abgespalten. Das resultirende Nitroglycerin besitzt aber dann andere Eigenschaften als das Glycerin, aus welchem es bereitet wurde, die bemerkenswertheste ist die furchtbare Gewalt, mit welcher es zu explodiren vermag. Doch erfolgt, wie bei allen Nitroproducten die Explosion nicht durch bloße Entzündung, sondern sie muß durch ein Knallpräparat oder einen sehr heftigen Schlag eingeleitet werden; angezündet verbrennt das Nitroglycerin mit ruhiger, stark rußender Flamme.

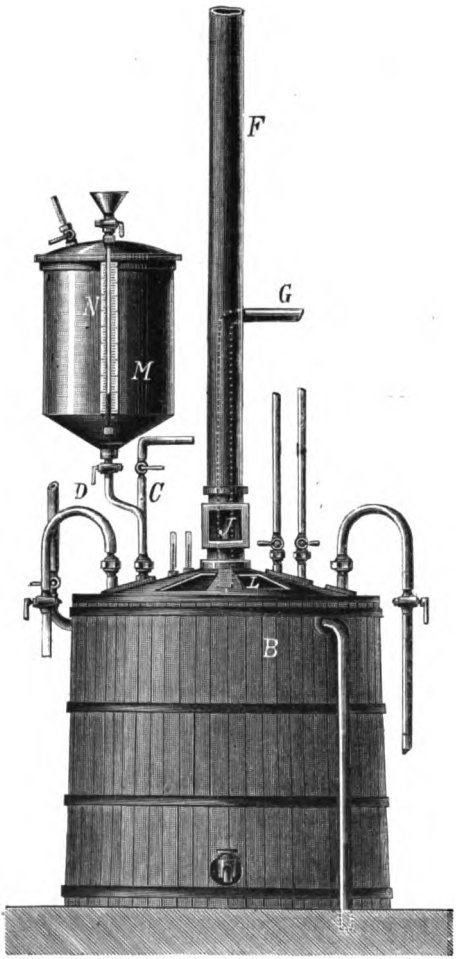
Das Nitroglycerin wurde im Jahre 1847 durch A. Sobrero entdeckt, man kannte wohl seine explosiven Eigenschaften und nannte es deshalb Pyroglycerin, ohne es jedoch als Sprengmittel anzuwenden. In Amerika wurde es unter dem Namen Glonoin als Arzneimittel gegen Kopfschmerz verabreicht, die technische Verwendung datirt jedoch erst aus dem Jahre 1863, in welchem der schwedische Ingenieur Nobel begann, das Nitroglycerin im Großen zu erzeugen.

Die fabriksmäßige Darstellung des Nitroglycerins hat im Laufe der Jahre zahlreiche Verbesserungen erfahren. In den modernen Fabriken geschieht die Nitrirung in großen verlötheten Bleigefäßen, welche je eine Charge von 100 kg Glycerin, 450 kg concentrirte Schwefelsäure und 250 kg Salpetersäure aufzunehmen vermögen, daraus werden 212 kg Nitroglycerin erhalten.

Zunächst wird der Apparat B mit dem Säuregemische gefüllt, dann läßt man langsam aus dem höher stehenden Reservoir M das Glycerin zufließen, wobei man für eine innige Mischung sorgt. Dies wird dadurch erreicht, daß man aus einem in der Säure liegenden Schlangenrohre, welches mit zahlreichen Löchern versehen ist, gepreßte Luft ausströmen läßt, welche durch das Rohr C zugeführt wird. Gleichzeitig kühlt man die Flüssigkeit ab, zu diesem Zwecke dienen im Gefäße B liegende Schlangenrohre, in welche bei D kaltes Wasser eintritt. Die Säure fließt durch das Rohr G zu, L und J sind Schaugläser, durch welche der Vorgang der

Digitized by Google

Nitrirung überwacht und verfolgt werden kann. Ferner tauchen in die Flüssigkeit Thermometer, die Temperatur darf nicht über 30° C. steigen, man regulirt sie einerseits mit Hilfe der Kühlschlangen, andererseits dadurch, daß man das Glycerin nur tropfenweise zufließen läßt. Das fertige Nitroglycerin wird durch den vom tiefsten Punkte des Gefäßes abzweigenden Hahn entleert; die sich entwickelnden Dämpfe ziehen durch das Rohr F ab.



Nitrirgefäß zur Herstellung von Nitroglycerin.

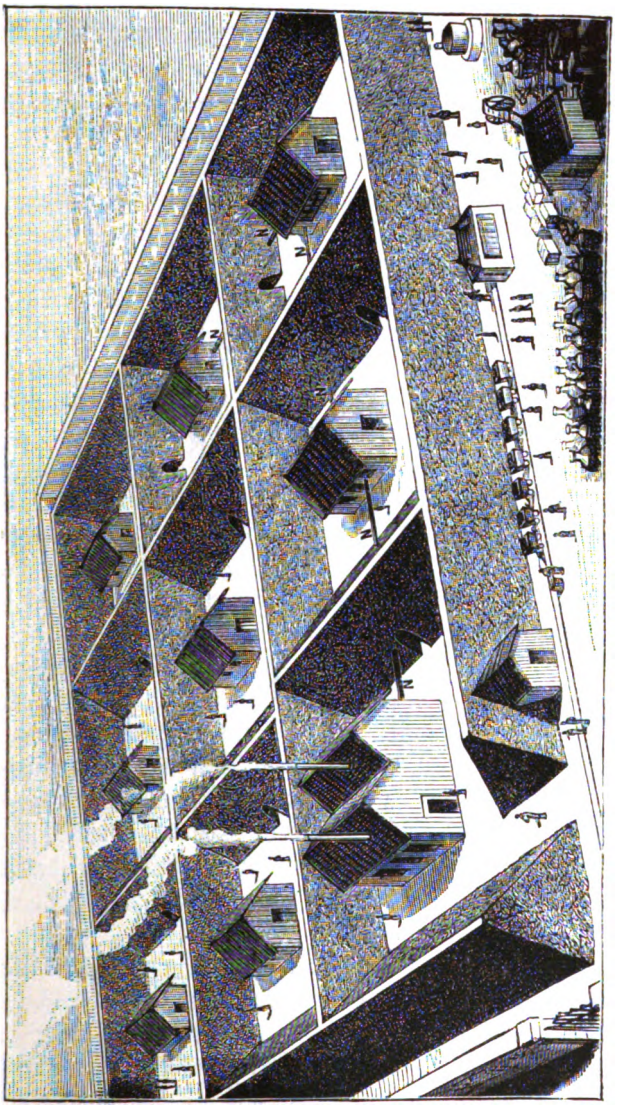
Der Vorgang der Nitrirung muß langsam erfolgen und besonders muß darauf gesehen werden, daß die Temperatur des Gemisches niemals 30° übersteigt, denn sonst kann eine plötzliche Explosion eintreten, die in einem weiten Umkreise alles vernichtet.

Diese große Gefährlichkeit der Darstellung des Nitroglycerins hat gewisse Vorschriften zur Folge gehabt, welche die Verhinderung der Explosion bezwecken. So besitzt jedes Nitrirungsgefäß einen Ablaßhahn, welcher nach einem großen, mit Wasser gefüllte Bottichen führt; steigt die Temperatur im Nitrirungsgefäße in beängstigender Weise, so hat der Arbeiter sofort diesen Hahn zu öffnen, das Nitroglycerin abfließen zu lassen und sich in Sicherheit zu bringen, nachdem er mittelst eines Glockensignales die anderen Arbeiter gewarnt hat. Und um die Gewalt einer eventuellen Explosion wenigstens etwas abzuschwächen, befindet sich jeder Nitrirungsapparat in einer einzelnstehenden Bretterhütte, die außerdem von einem hohen Erdwalle umgeben ist. In diesem Erdwalle sind schräg nach abwärts führende Tunnels vorhanden, welche es den Arbeitern gestatten, im Augenblicke der Gefahr sich sofort ins Freie zu retten. Trotz aller dieser Vorsichtsmaßregeln geschehen jedoch fast alljährlich in den Nitroglycerinfabriken, die natürlich nur in abgelegenen Gegenden errichtet werden dürfen, Unglücksfälle, die stets zahlreiche Menschenleben fordern.

Nach erfolgter Nitrirung wird das Nitroglycerin sorgfältig mit Wasser gewaschen, um die Säure zu entfernen, dann ist es zur weiteren Verarbeitung bereit.

Digitized by Google

Bald nachdem Nobel begonnen hatte, das Nitroglycerin im Großen darzustellen, trafen plötzlich aus den verschiedensten Welttheilen Nachrichten über entsetzliche Unglücksfälle ein, welche durch Nitroglycerin entstanden. Nobel's eigene Fabrik zu Stockholm flog im Jahre 1864 in die Luft; im Hafen von Aspinwall,



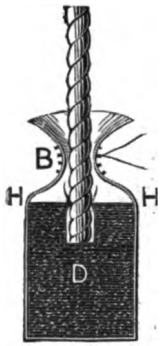
Anlage einer großen Dynamitfabrik.

am östlichen Ausgangspunkte der Panamaeisenbahn in Central-Amerika, explodirte 1866 auf dem Dampfer „European" die aus Nitroglycerin und Kriegsmunition bestehende Ladung, wobei nicht nur dieses Schiff, sondern auch andere Schiffe, Quais und Gebäude zerstört und zahlreiche Menschen getödtet wurden. Aehnliche

Digitized by Google

Explosionen kamen in England, Sidney und San Francisco vor und die Tagesblätter füllten sich mit den Beschreibungen der wirklich grauenhaften Zerstörungen, die das explodirende Nitroglycerin anrichtete. Nun kam die Reaction. In Schweden und Belgien wurde die Fabrikation des Nitroglycerins verboten, der anfänglich so hoch gepriesene Sprengstoff kam in Verruf und die Stimmen mehrten sich, welche nach einem allgemeinen gesetzlichen Verbote seiner Darstellung verlangten.

Nobel ließ sich jedoch dadurch nicht abschrecken. Er stellte in Schweden und und in der Nähe Hamburgs in Gegenwart zahlreicher Ingenieure und Chemiker Versuche an, um zu beweisen, daß das Nitroglycerin durchaus kein so gefährlicher Körper sei, für den er gehalten wurde, und daß die vorgekommenen traurigen Ereignisse zum allergrößten Theile nur der grenzenlosen Unvorsichtigkeit und dem Leichtsinne Einzelner zuzuschreiben sind. Und in der That ist bei richtiger Handhabung das Nitroglycerin auch nicht gefährlicher wie das Schwarzpulver, und während dieses durch einen Funken zur Explosion gebracht wird, bedarf das Nitroglycerin schon eines sehr bedeutenden Stoßes, um loszugehen.




Adjustirte Dynamitpatrone. D Dynamit, H Papierhülse, B Bund zum Fest halten der Zündschnur.

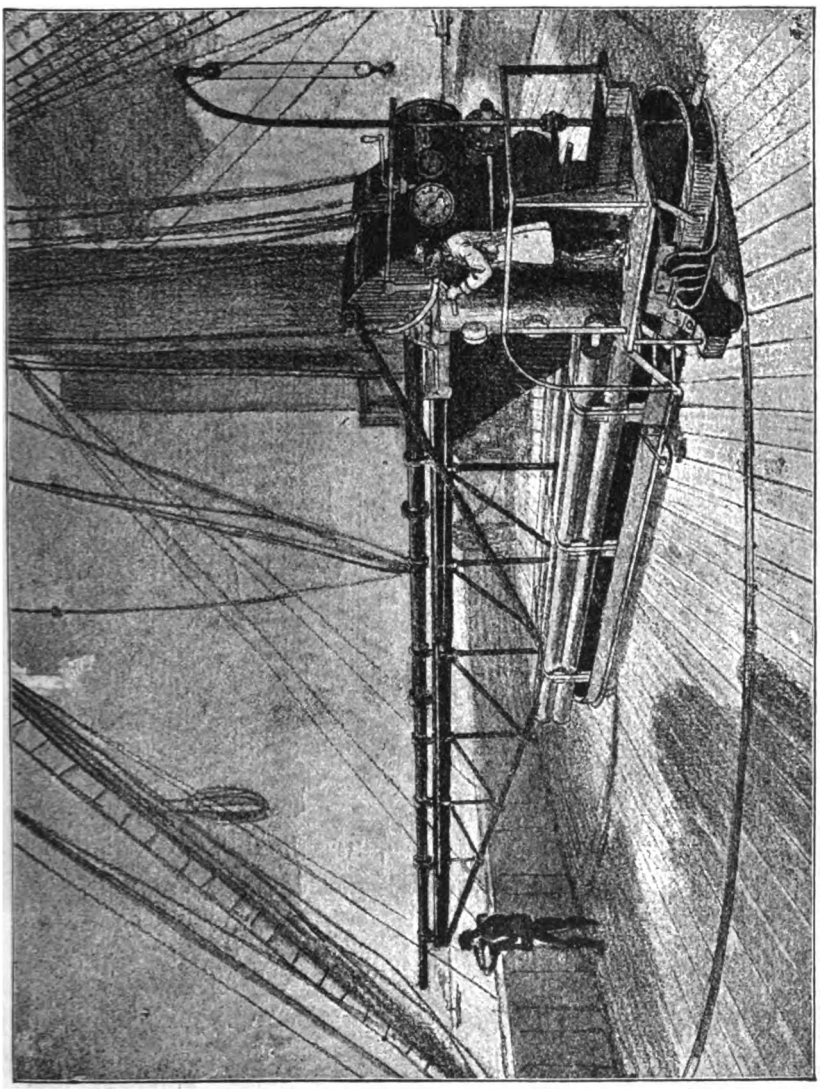
Nobel erfand ein Verfahren, das Nitroglycerin durch Auflösen in Holzgeist (Methylalkohol) unschädlich zu machen, durch Zusatz von Wasser kann es aus dieser Lösung wieder gefällt werden. Es gelang ihm aber auch, dem Nitroglycerin nicht nur einen großen Theil seiner Gefährlichkeit zu nehmen, sondern es auch in eine handsame und leicht transportable Form zu bringen, indem er es von porösen Körpern aussaugen ließ. So entstand das Dynamit.

Man sagt, daß ein Zufall Nobel zu dieser hochwichtigen Entdeckung geführt habe. Kieselguhr wurde längere Zeit zur Bedeckung und Verpackung der das Sprengöl enthaltenden Blechflaschen verwendet. Auf dem Transporte war eine solche Flasche aufgegangen, das Nitroglycerin hatte sich mit der Kieselguhr vermischt, wobei die hohe Aufsaugungsfähigkeit der Kieselguhr wahrgenommen wurde. Nobel verfolgte dies nun näher und fand, daß die explosiven Eigenschaften des Nitroglycerins fast vollständig erhalten waren, dagegen hatte die Neigung zum Explodiren eine bedeutende Verminderung erfahren.

Die Fabrikation des Guhrdynamites ist sehr einfach. Nitroglycerin und Kieselguhr werden in hölzernen Trögen vermengt und durch Siebe gerieben, aus der gelb-röthlichen, plastischen Masse werden dann kleine Cylinder gepreßt, welche in Pergamentpapier gewickelt, die Dynamitpatrone bilden. Vor Einführung in das Bohrloch wird die Papierhülle geöffnet, die mit der Zündschnur versehene Zündpatrone eingeführt und in das Dynamit eingedrückt, worauf es in das Bohrloch versenkt wird. Entzündet man nun die Zündschnur, so brennt diese langsam bis zur Zündpatrone ab, während welcher Zeit die Arbeiter sich in Sicherheit bringen können; sobald die Zündpatrone detonirt, explodirt auch das Dynamit.

Digitized by Google

Außer zu friedlichen Sprengzwecken wird das Dynamit auch zur Füllung von Hohlgeschossen verwendet, die am Orte des Auffallens explodiren, und dort Tod und Verderben verbreiten. Um jedoch zu verhindern, daß die Explosion schon



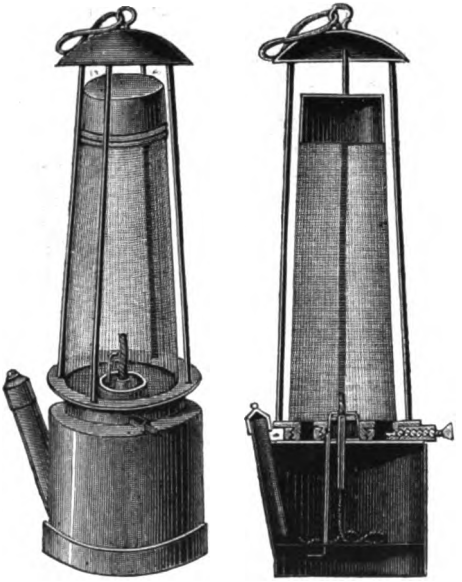
Dynamitgeschütz.

im Geschützrohre eintritt, werden mit Dynamit gefüllte Geschoße nicht durch die Kraft des Pulvers, sondern durch comprimirte Luft von circa 140 Atmosphären Spannung geschleudert, wodurch der gefährliche Stoß im Augenblicke des Abfeuerns vermieden wird.



Digitized by Google

Das Dynamit gehört zu den Explosivstoffen mit chemisch unwirksamem Auf-saugestoffe, da die Kieselguhr vollkommen indifferent ist. Man hat jedoch auch Sprengmittel erfunden, bei welchen sich der Auffaugestoff ebenfalls an der Explosion betheiligt und deren Kraft dadurch bedeutend verstärkt. Es ist dies die Sprenggelatine und das Gelatinedynamit.



Davy's Sicherheitslampe.

Guhrdynamit. 100 g. (Ausbläser.)
Nach einer Photographie.

Die Collodiumwolle vermag sich auch in Nitroglycerin zu lösen und schon $^1/_2$% Collodiumwolle genügt, um das Nitroglycerin in eine dicke, sulzige Masse zu verwandeln. Werden 8% Collodiumwolle angewendet, so erhält man einen zähen, hornartigen Körper, die Sprenggelatine, welche das Dynamit an Wirk-samkeit noch bedeutend übertrifft.

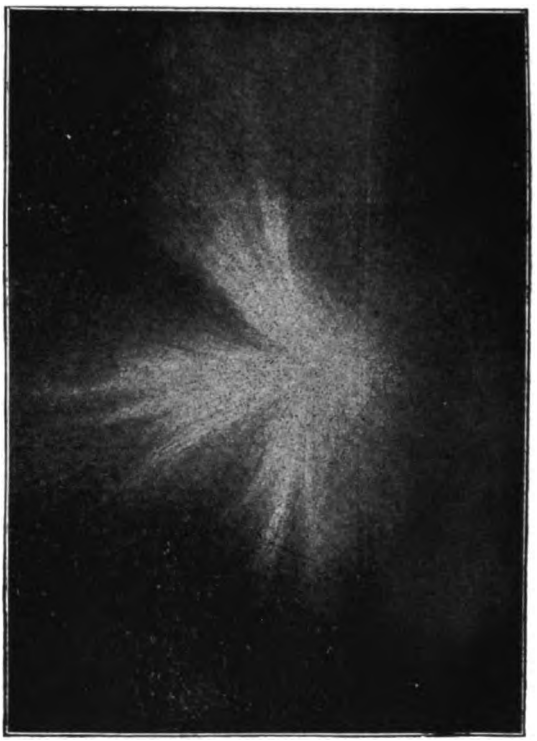
Die Gelatinedynamite bestehen aus Nitroglycerin mit etwa 3% Collo-diumwolle, man erhält dadurch eine syrupähnliche Masse, in welche noch das aus Salpeter, Holzmehl und Soda bestehende Zumischpulver eingemengt wird.

Digitized by Google

Die Wirkung des Dynamites, beziehungsweise des Nitroglycerins beruht auf den gleichen Umständen wie jene des Schießpulvers, auch hier sind es nur die plötzlich entstehenden Gase unter gewaltigem Druck, welche die zerstörende Wirkung ausüben. Die überlegene Gewalt des Nitroglycerins gegenüber dem Pulver wird uns jedoch erst recht verständlich, wenn wir bedenken, daß 1 g Nitroglycerin liefert:

295 cm³ Kohlensäure,
147 cm³ Stickstoff,
25 cm³ Sauerstoff,

Gelatinedynamit. 100 g. (Ausbläser.)
Nach einer Photographie.



Schießbaumwolle. 100 g.
Nach einer Photographie.

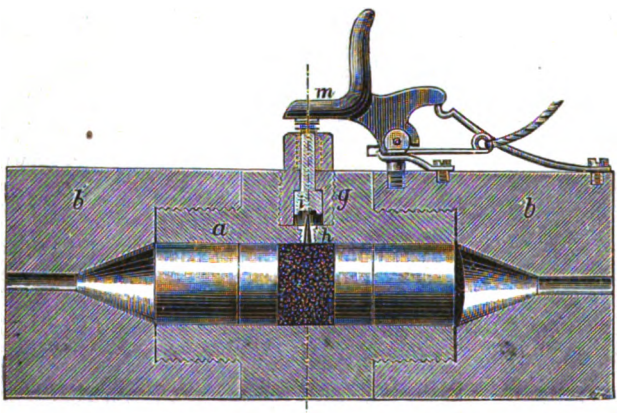
bei gewöhnlicher Temperatur gemessen. Die bei der Explosion entwickelte Wärme ist ebenfalls sehr beträchtlich, so daß diese Gase ihr Volumen bedeutend vermehren, der Gasdruck beträgt dann rund 10.000 Atmosphären.

Ein gefürchteter Feind des Bergmannes in den Kohlengruben sind die schlagenden Wetter und die Kohlenstaubexplosionen. Die schlagenden Wetter entstehen durch Entzündung eines Gemisches von Luft mit Sumpfgas, welches sich aus der Steinkohle entwickelt; dieses Gasgemenge verbrennt mit großer Schnelligkeit und richtet dann unsagbare Verheerungen an. Auch Kohlenstaub, wenn er in der Luft schwebt, vermag sich zu entzünden und die Entzündung fortzupflanzen.



Digitized by Google

Um die Entzündung schlagender Wetter zu verhüten, werden die sogenannten Davy'schen Sicherheitslampen verwendet; es sind dies Oellampen, welche mit einem engmaschigen Drahtgeflechte umgeben sind, durch welches sich die Explosionen nicht fortzupflanzen vermögen, welche im Inneren der Lampe stattfinden. Doch kann die Entzündung auch durch die Sprengschüsse bewirkt werden, und man war daher bestrebt, Sprengmittel zu erfinden, welche nicht zu zünden vermögen. Man erreichte dies, indem man dem Dynamit Soda oder schwefelsaures Natron zusetzte; beide Präparate enthalten große Mengen Krystallwasser. Indem nun dieses während der Explosion des Dynamites verdampft, wird die Temperatur der aus dem Bohrloche schlagenden Flamme herabgesetzt und wenn diese unter 2200° beträgt, vermag sie schlagende Wetter oder Kohlenstaub nicht mehr zu zünden. Uebrigens ist auch die Größe der bei der Explosion auftretenden Flamme von Einfluß auf die Möglichkeit der Entzündung schlagender Wetter und die Photographie solcher Flammen hat ein sehr brauchbares Mittel zur Beurtheilung der Zuläßigkeit verschiedener Sprengstoffe in Schlagwettergruben gegeben.



Guttmann's Kraftmesser.

Ein weiterer, sehr kräftiger Explosivstoff ist das Knallquecksilber. Es wird zwar nicht als Sprengmittel verwendet, ist jedoch deshalb von großer Bedeutung, da es in den Zündkapseln zur Entzündung der Nitropräparate dient.

Knallquecksilber wird dargestellt, indem man eine Lösung von Quecksilber in Salpetersäure in Alkohol gießt. Dabei tritt eine sehr heftige Reaction ein, nach deren Beendigung sich das Knallquecksilber in Gestalt eines grauen Pulvers oder grauer, zarter Nadeln auf dem Boden des Gefäßes vorfindet.

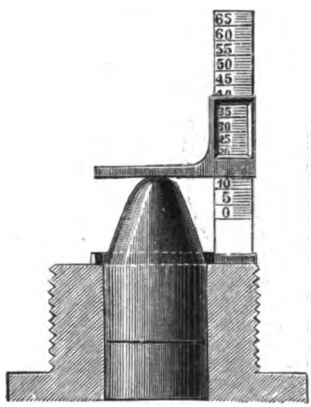
Im feuchten Zustande ist Knallquecksilber vollkommen ungefährlich, trocken explodirt es dagegen mit großer Heftigkeit durch Schlag oder Stoß oder mit einer Flamme in Berührung gebracht. Zur Füllung der Zündhütchen dient nicht reines Knallquecksilber, sondern eine Mischung von Knallquecksilber mit Salpeter und Schwefel, oder mit chlorsaurem Kalium; die bekannten kupfernen Zündhütchen enthalten ungefähr 0·015 g eines solchen Gemisches.

Um die Kraft der Explosivstoffe zu messen, wurden verschiedene Apparate construirt. Der Guttmann'sche Kraftmesser besteht aus einem Mittelstücke a und den aufgeschraubten Kopfstücken bb, welche aus gehärtetem Bessemerstahle angefertigt sind. In den Apparat werden zunächst zwei Bleicylinder und zwischen diese

Digitized by Google

genau 20 g des zu untersuchenden Pulvers gebracht, der Hahn m schlägt auf ein Zündhütchen, welches die Entzündung des Pulvers herbeiführt, das Ventil i schließt sich im Augenblicke der Explosion und verhindert den Austritt der Pulvergase. Diese vermögen daher nur auf die beiden Bleicylinder zu wirken, welche sie je nach der Kraft des Pulvers mehr oder minder tief in die Conusse eindrücken. Mittelst einer Schubleere wird dann die Höhe der entstandenen Conusse gemessen und dieses Maß vergleicht man mit den Ergebnissen eines normalen Sprengstoffes, gewöhnlich mit Schwarzpulver.

Für indirect explodirende Stoffe, wie Dynamit u. dgl. verwendet man gewöhnlich die Trauzl'sche Ausbauchprobe, auch Bleiprobe genannt. Hier bringt man den Explosivstoff in einem Bleiblocke von bestimmten Dimensionen zur Explosion. Es entsteht eine mehr oder minder ausgebauchte flaschenförmige Höhlung, deren Volumen durch Eingießen von Wasser aus einem graduirten Gefäße gemessen wird. Die erhaltenen Volumina sind dann der Sprengkraft der untersuchten Sprengstoffe proportional.



Guttmann's Kraftmesser. Die Bestimmung der Höhe des Conusses.

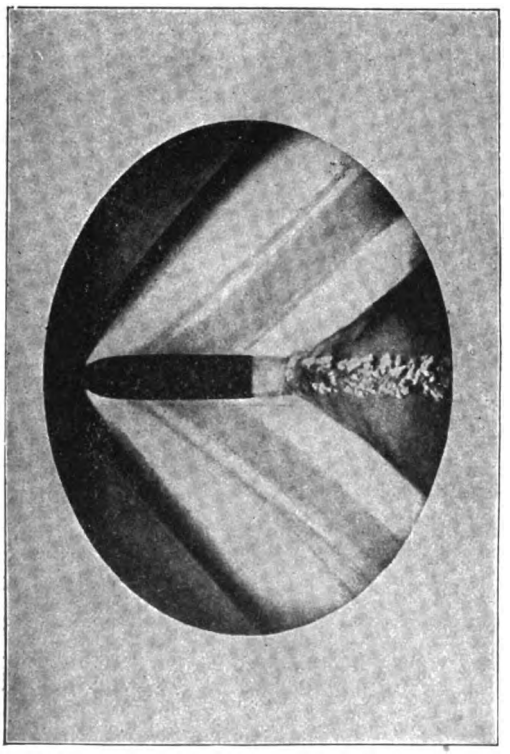
Von ebenso großer Bedeutung wie die Messung der Kraft der Explosivstoffe für den Sprengtechniker ist die Bestimmung der einem Geschoße ertheilten Geschwindigkeit für den Ballistiker. Dies wird durch Messung der Zeit erreicht, welche ein Geschoß benöthigt, um den Raum zwischen zwei aus Draht gebildeten Scheiben zu durchfliegen. In dem Augenblicke, in welchem das Geschoß den Draht der ersten Scheibe zerreist, unterbricht sie einen elektrischen Strom und ein durch einen Elektromagnet festgehaltenes Gewicht wird zum Fallen gebracht, in dem Augenblicke, in welchem das Geschoß die zweite Scheibe trifft, wird die Höhe markirt, welche das Gewicht herabgefallen ist. Aus dieser kann dann die Zeit berechnet werden, welche das Geschoß zum Durchfliegen der bekannten Entfernung zwischen den beiden Scheiben benöthigte. Auf diesem Principe beruht der Chronograph von Le Boulanger, welchen die Abbildung auf Seite 86 zeigt.

Mit der Vervollkommnung, welche im Laufe der Jahre die Sprengstoffe erfahren haben, hat auch die Sprengtechnik gleichen Schritt gehalten und die Thätigkeit des Chemikers, der die Kraft der Explosivstoffe zu erhöhen bestrebt war, hat den Ingenieur veranlaßt, den neuen Sprengmitteln entsprechende maschinelle Vorrichtungen zu ihrer zweckmäßigsten Anwendung zu ersinnen.

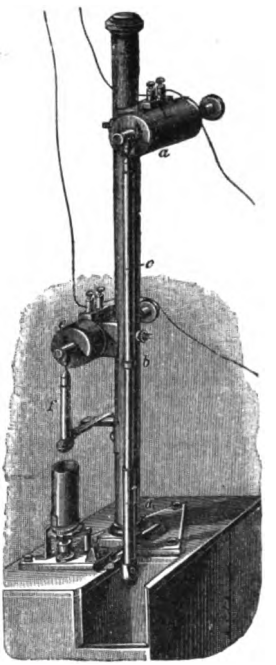
All die modernen Wunderwerke des Eisenbahnbaues, die gewaltigen Tunnels, welche Berge und ganze Gebirgszüge viele Kilometer lang durchfahren, sind nur mit Hilfe der modernen Sprengstoffe geschaffen worden. Die gewaltigen Sprengungen in Flußbetten, wie im „Eisernen Thore" der Donau und viele andere wurden auch

Digitized by Google

nur durch das Nitroglycerin ermöglicht. Soll der Sprengstoff aber zur vollen Geltung kommen, so ist es nöthig, daß er im Inneren des Gesteines, also in einem Bohrloche wirkt, und gerade die Herstellung dieser, oft mehrere Meter tiefen Bohrlöcher in den härtesten Gesteinen war die Aufgabe der Ingenieure, die sie auch in der glücklichsten Weise gelöst haben. Heute ist das Bohren der Bohrlöcher mit Handarbeit ein überwundenes Verfahren, vielmehr besorgen dies äußerst sinnreiche Maschinen, die durch Dampf, Wasser, comprimirte Luft oder durch Elektricität, die modernste aller Kräfte, angetrieben werden.



Photographie eines Projectils im Fluge.
(Von Professor E. Mach in Prag.)



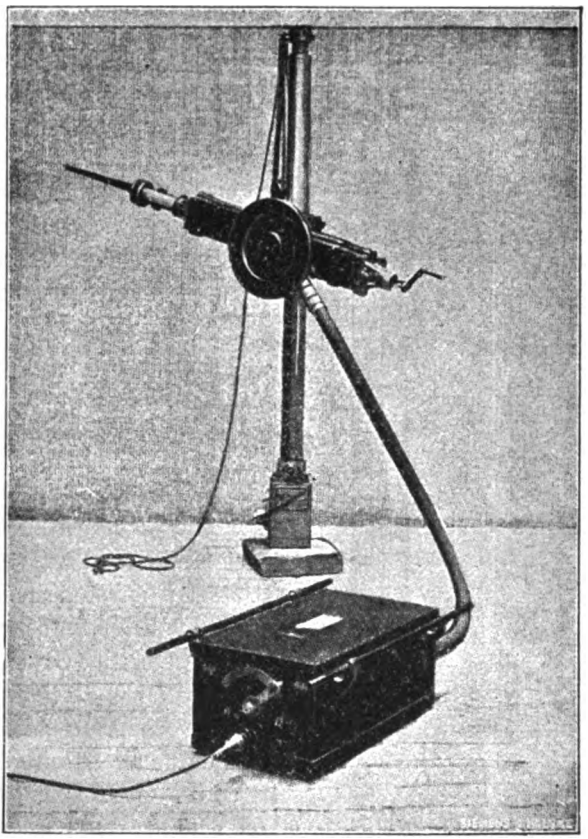
Boulanger's Chronograph.

Bei allen diesen Vorrichtungen bewegt sich ein Meißel, dessen Krone bei sehr hartem Gesteine mit schwarzen Diamanten besetzt ist, mit großer Kraft schlagend gegen das Gestein, oder er wird an dieses angedrückt und in drehender Bewegung erhalten. Dadurch wird eine cylindrische Höhlung erzeugt, in welche die Dynamitpatrone geschoben und zur Explosion gebracht wird. Indem man nun in Tunnels stets mehrere Bohrmaschinen im sogenannten Vorbruchstollen nebeneinander arbeiten läßt und die Schüsse gleichzeitig abthut, erreicht man die größte Wirkung und ein rasches Vorrücken. Und dies macht es erklärlich, daß Riesenwerke, wie die Durch-

Digitized by Google

bohrung des Gotthard und des Arlberg, in dem kurzen Zeitraume weniger Jahre vollendet werden konnten, während solche Werke nach dem alten Verfahren, der Sprengung mit Pulver und der Herstellung der Bohrlöcher durch Handarbeit geradezu unmöglich gewesen wären.

So sehen wir, daß die Explosivstoffe an den bedeutendsten und kühnsten Menschenwerken einen hervorragenden Antheil nehmen, daß sie dem Handel und dem Verkehre im vollsten Sinne des Wortes neue Wege eröffnen und die Natur bezwingen. Ja es ist nicht unmöglich, daß man noch lernen wird, ihre gewaltigen Kraftäußerungen in Bewegung umzusetzen, wodurch dann dem Riesen Dampf ein mächtiger Concurrent erwachsen würde.



Stoßbohrmaschine mit elektrischem Antriebe.

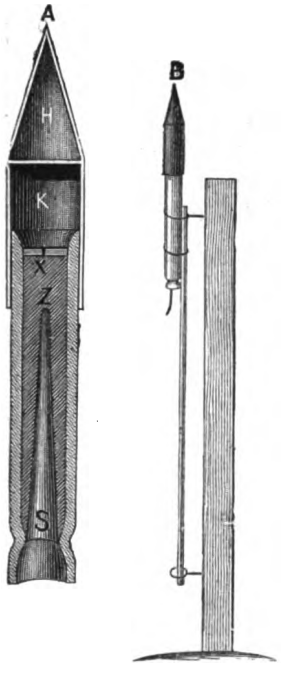
Als Sprengmittel, sowie als treibende Kraft der Geschoße hat das alte Schwarzpulver heute aber einen sehr, sehr großen Theil seiner ursprünglichen Bedeutung eingebüßt. Auf einem Gebiete hat es sich jedoch erhalten und wird wohl kaum durch einen anderen explosiven Stoff verdrängt werden, nämlich auf dem Gebiete der Feuerwerkerei.

Während die Explosivstoffe in der Sprengtechnik ernsten, in der Kriegswissenschaft geradezu fürchterlichen Zwecken zu dienen haben, dienen sie in der Feuerwerkerei mehr dem Vergnügen, sie gewähren aber auch wirklichen Nutzen zu Signalzwecken. Hier werden aber die explosiven Stoffe in Feuerwerkskörper verwandelt, welche sich dadurch auszeichnen, daß sie in ganz besonderer Art verbrennen. Wir wollen nur zwei Beispiele dieser Art erwähnen: in den sogenannten Raketen ist der Feuerwerkskörper in eine solche Form gebracht, daß er den ihn umschließenden Behälter zwingt, in die Höhe zu fliegen; in den Feuerwerkssonnen veranlaßt er eine Drehung des Behälters um einen bestimmten Punkt.

Digitized by Google

Es ist nicht unsere Aufgabe, diese Anwendung der explosiven Stoffe ausführlich zu besprechen, doch wird es wohl von allgemeinem Interesse sein, wenn wir die Mittel, welche zur Erzielung gewisser pyrotechnischer Effecte dienen, in Kürze erörtern.

Einer der beliebtesten und wegen ihrer Mannigfaltigkeit auch schönsten Feuerwerkskörper sind unstreitig die Raketen. Wird der in der Raketenhülse eingeschlossene „Satz" entzündet, so treibt er die Rakete mit bedeutender Kraft in die Höhe, während der verbrennende Satz gleichzeitig lebhaft Funken sprüht und dadurch den Weg bezeichnet, den die Rakete genommen hat. Diese „Raketensätze", in der Pyrotechnik auch Treibsätze genannt, bestehen der Hauptsache nach aus Pulvermehl — man wendet zu fast allen Feuerwerkskörpern Pulvermehl an, da dieses weniger kräftig wirkt — welches außerdem noch verschiedene Zusätze erhält.




Rakete.
A im Durchschnitte, B zum Abbrennen bereit.

So sind die meisten Raketensätze nach einer der folgenden Vorschriften bereitet:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pulvermehl . . . | 53 | — | — |
| Salpeter . . . . | 53 | 23 | 25 |
| Schwefel . . . . | 12 | 48 | 9 |
| Kohle . . . . . | 23 | 14 | 14 |
| Chlorsaures Kalium . | — | — | 12 |

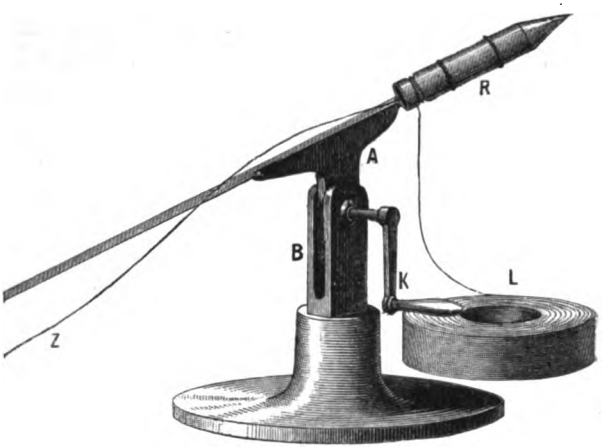
Die Raketen selbst bestehen aus einer Hülse, welche unten wenig eingeschnürt ist, so daß sie zur Hälfte offen bleibt, an ihrem oberen Ende ist sie jedoch fest verschlossen. Diese Hülsen werden mit dem sehr stark zusammengepreßten Satze geladen, und zwar in solcher Weise, daß bis zu einer gewissen Höhe ein schwach kegelförmiger Raum in der Rakete verbleibt. Dieser kegelförmige Raum S wird die Seele der Rakete geheißen. Ueber der Seele steht der Satz noch etwa so hoch, als der Durchmesser der Hülse beträgt, dieser Theil der Ladung, welcher massiv ist, wird Zehrung (Z) genannt. Auf der Zehrung liegt eine in der Mitte durchbohrte Scheibe, die Schlagscheibe. Schließlich wird auf der Rakete noch der kegelförmige Hut H befestigt, dessen Aufgabe es ist, während des Aufsteigens der Rakete den Luftwiderstand zu überwinden.

Bei einfachen Raketen bleibt der Raum K über der Schlagscheibe, die Kammer leer, viele Raketen erhalten jedoch sogenannte Versetzungen, das sind kleinere Feuerwerkskörper, welche während des Aufsteigens der Rakete Funken, Sterne, Leuchtkugeln u. s. w. entlassen. Diese werden dann in der Kammer untergebracht und in solcher Weise mit dem Satze durch eine Zündschnur verbunden, daß ihre Entzündung erst dann eintritt, wenn die Rakete schon eine gewisse Höhe

Digitized by Google

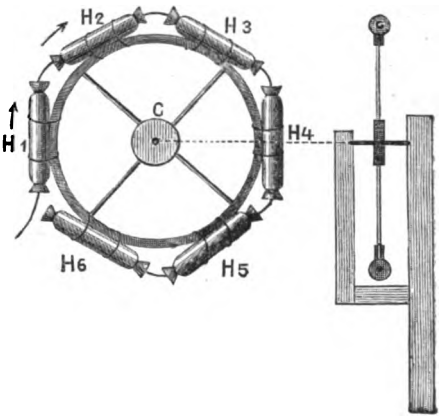
erreicht hat. Vor dem Abbrennen wird die Rakete dann noch an einem Stabe befestigt, welcher mit in die Höhe gerissen wird; seine Aufgabe besteht darin, die Rakete vor dem Umkippen während ihres Fluges zu bewahren.

Die sogenannten Wurfraketen dienen nicht zu Lustfeuerwerken, sondern zu ernsten Zwecken, nämlich dazu, um nach einem Orte, mit welchem man auf andere Weise nicht in Verbindung treten kann, einen Gegenstand zu werfen. Besonders bedient man sich ihrer, um gestrandeten Schiffen eine Leine zuzuwerfen, an welcher dann ein Tau nachgezogen wird. Diese Raketen sind zwar nach Art der gewöhnlichen Raketen verfertigt, doch erhalten sie viel größere Dimensionen. Die Hülle R besteht aus Blech, an ihr wird die Leine L befestigt. Vor dem Abbrennen legt man sie auf ein passendes Gestell, die Raketenlaffete AB, die Kurbel K dient dazu, ihr die erforderliche Elevation zu ertheilen. Das Abbrennen erfolgt mittelst einer langen Zundschnur Z.



Wurfrakete.

Unter der Bezeichnung „Sonnen" versteht man Feuerwerkskörper, die sich unter lebhaftem Funkensprühen mit großer Geschwindigkeit um ihre Achse drehen. Die Bewegung dieser Feuerwerkskörper erfolgt, wie jene der Raketen, durch den Rückstoß oder die Reactionsbewegung der nur nach einer Seite ausströmenden Pulvergase.



Feuerwerkssonne.

Das Gestell der Sonne besteht aus einer Scheibe C, an welcher mit Hilfe einiger Speichen ein Reif befestigt ist. Am Umfange dieses Reifens sind die Hülsen H so gelegt, wie dies aus der nebenstehenden Zeichnung ersichtlich ist. Gewöhnlich verwendet man sechs Hülsen, jede derselben besitzt eine doppelte Zündleitung, die in dem hinteren Ende der Hülse steckt und nach dem vorderen der nächsten Hülse geleitet wird. Diese Einrichtung ermöglicht es, daß sich das Feuer von der ersten angebrannten Hülse nach dem Abbrennen zur nächsten fortpflanzt.

Digitized by Google

Die Reactionswirkung der ausströmenden Feuergase veranlaßt dann die Drehung dieser hübschen Feuerwerkskörper.

Die bei jedem Feuerwerke angewendeten „römischen Lichter", welche in verschiedenen Farben brennen, sind ebenfalls pulverähnliche Mischungen, welche jedoch gewisse, die Flamme färbende Zusätze erhalten. So erzeugt Schwefelantimon ein glänzendes, weißes Feuer, Natronsalpeter färbt die Flamme gelb, roth wird durch einen Zusatz von salpetersaurem Strontian, grün durch salpetersauren Baryt und endlich blau durch schwefelsaures Kupferoxydammon hervorgerufen. Die Zusammensetzung der Grundmischung wird natürlich derart gewählt, daß sie nur langsam verbrennt; nachstehend theilen wir die Zusammensetzung einiger Sätze für römische Lichter mit.

| | Weiß | Gelb | Roth | Grün | Blau |
|---|---|---|---|---|---|
| Kalisalpeter | 60 | 62·8 | — | — | — |
| Schwefelantimon | 5 | — | 5·7 | — | — |
| Schwefel | 20 | 23·6 | 17·2 | 9·8 | — |
| Pulvermehl | 15 | — | — | — | — |
| Kohle | — | 3·8 | 1·7 | 5·2 | 18·1 |
| Natronsalpeter | — | 9·8 | — | — | — |
| Kaliumchlorat | — | — | 29·7 | 32·7 | 54·5 |
| Salpetersaures Strontian | — | — | 45·7 | — | — |
| Salpetersaurer Baryt | — | — | — | 52·3 | — |
| Schwefelsaures Kupferoxydammon | — | — | — | — | 27·4 |

Diese Sätze werden in Papierhülsen gefüllt und festgestampft, besonders schöne Effecte lassen sich erzielen, wenn man verschiedene Farben gebende Sätze aufeinander folgen läßt. — — —

Dies sind in großen Zügen geschildert die Herstellungsweisen und die Anwendungsarten der explosiven Stoffe. Wir können sie als Präparate ansehen, welche unter geeigneten Bedingungen bedeutende Kraftäußerungen hervorzubringen im Stande sind, welche jene, die wir auf andere Weise hervorrufen können, beispielsweise durch Umsetzung der in der Steinkohle aufgespeicherten Energie in Bewegung, um das Vielfache übertreffen. Doch auch ihre Wirkung ist nichts anderes als das plötzliche Auslösen vorhandener Spannkräfte, es finden chemische Umsetzungen statt, bei welchen diese Kräfte frei werden. Im Wesentlichen sind dies Oxydationsvorgänge, welche jedoch fast momentan verlaufen, während die Verbrennung selbst eine relativ langsame Oxydation ist. Ferner können wir gewisse Sprengstoffe, wie besonders die Nitroverbindungen als chemische Verbindungen ansehen, welche sich im labilen Gleichgewichte befinden. Als Substanz betrachtet, sind sie harmlos, ein kleiner Anstoß genügt jedoch, eine totale Umlagerung der einzelnen Componenten herbeizuführen, wobei dann die vorhandenen Spannkräfte ausgelöst werden. Wie so oft in der Natur ist auch hier die große Wirkung die Folge kleiner Ursachen, gerade aber in der Eigenschaft, enorme Kraftmengen in kleinem Raume zu enthalten und diese plötzlich in Freiheit zu setzen, zu lebender Kraft umzugestalten, gerade darin liegt der Werth und die hohe Bedeutung der explosiven Stoffe.

Digitized by Google

# Die Leucht- und Heizstoffe.

Vier Bedingungen sind es, die vorhanden sein müssen, um organisches Leben zu ermöglichen: Nahrung und Luft, Licht und Wärme. Wenn diese vier Factoren auch untereinander insofern gleichwerthig und gleichwichtig sind, als keiner derselben fehlen darf und auch keiner den anderen zu ersetzen vermag, so ist es doch begreiflich, daß speciell der Mensch zunächst die Bedeutung des Lichtes erkannt hat. Das Licht ist es ja, das ihm all die Schönheiten der großen weiten Natur vermittelt, das ihn befähigt, seiner Beschäftigung nachzugehen und sich seines Daseins zu erfreuen. Diese Erkenntnis finden wir schon bei den ältesten Völkern voll ausgebildet, sie verehrten das Licht und die Lichtspenderin als die gute Gottheit, sie hielten das Feuer heilig, das gleich der Sonne leuchtet und wärmt, und identificirten das Böse mit der Dunkelheit. Noch bei den alten Germanen spielte das heilige Feuer, das hell am häuslichen Herde loderte, eine hervorragende Rolle, und es ist begreiflich, daß die Menschen schon in früheren Zeiten bestrebt waren, sich ihre Behausungen künstlich zu erleuchten und zu erwärmen.

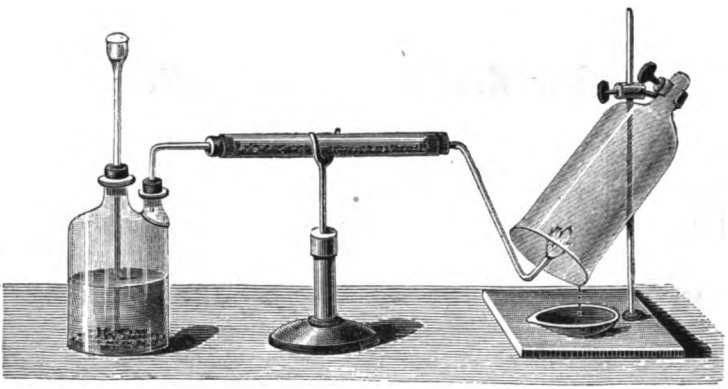
Die erste Leuchte, die wohl ein brennender Holzspan gewesen sein dürfte, war aber der Vorläufer einer Zahl wichtiger Erfindungen, die alle darauf hinzielten, den Tag zu verlängern und zu ersetzen. Besonders unser Jahrhundert hat auf dem Gebiete der Beleuchtungstechnik Großes geleistet und heute ist die Bereitung von Leuchtstoffen, die zum größten Theile auch als Heizstoffe Verwendung finden können, die Aufgabe einzelner chemischer Industrien, deren Schilderung nun unsere Aufgabe sein soll. Allerdings hat das elektrische Licht den Leuchtstoffen, dem Petroleum und dem Steinkohlengase, arge Concurrenz gemacht, doch wird es in absehbarer Zeit diese wohl niemals ganz verdrängen, umsoweniger, da gerade Petroleum und Leuchtgas auch als Heizmaterialien eine von Tag zu Tag steigende Bedeutung erlangen. Außerdem sind gewisse Nebenproducte

REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY
Digitized by Google

der Erdöl- und Leuchtgasindustrie von solcher Wichtigkeit, daß schon ihretwegen diese Industrien dauernd bestehen werden.

Die Zahl der Leuchtstoffe ist eine sehr große. Hierher zählen die Oele und Fette, Thran und Wachs ebenso wie das Erdöl, das Erdwachs und die Leuchtgase, die theils durch trockene Destillation gewisser Stoffe, theils, wie der modernste aller Leuchtstoffe, das Acetylen, durch Zersetzung künstlich dargestellter chemischer Verbindungen erzeugt werden. Da wir jedoch die Industrien der Fette und Oele ihrer Wichtigkeit wegen in einem besonderen Abschnitte zu besprechen gedenken, wollen wir uns hier nur mit dem Erdöle und den Leuchtgasen beschäftigen.

Zunächst ist es aber wohl angezeigt, wenn wir uns mit dem Wesen der Verbrennung und der Flamme selbst vertraut machen.



Verbrennung von Wasserstoffgas.

Unter einer Verbrennung verstehen wir jede unter Licht- und Wärmeentwickelung erfolgende Einwirkung von Sauerstoff auf Elemente oder Verbindungen. Das Brennen eines Stückes Holz oder einer Kerze ist somit ein chemischer Vorgang, der sich unter Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft abspielt. Die Verbrennung ist aber durchaus keine Vernichtung von Substanz, denn die Materie selbst ist unerschaffbar, aber auch unzerstörbar. Es entstehen vielmehr stets neue Producte, deren Gewicht immer größer ist als das der verbrannten Substanz, und zwar größer um das Gewicht des Sauerstoffes, der in die neue Verbindung eingetreten ist.

Die meisten Körper besitzen jedoch bei gewöhnlicher Temperatur nur eine sehr geringe Neigung, sich mit Sauerstoff zu verbinden, erst wenn sie auf eine bestimmte Temperatur, die Entzündungstemperatur, erhitzt wurden, was durch den Vorgang des „Anzündens" geschieht, tritt die Verbindung mit Sauerstoff ein. Dabei wird dann dauernd eine solche Wärmemenge erzeugt, daß der einmal eingeleitete Oxydationsvorgang sich, falls nur genügend Sauerstoff vorhanden ist, nun fernerhin von selbst abspielt, bis das Brennmaterial aufgezehrt wurde.

Digitized by Google

Die Producte der Verbrennung richten sich ganz nach der Natur des brennenden Körpers. Brennt beispielsweise reines Wasserstoffgas, welches wir aus Zink und Schwefelsäure entwickeln können, so ist das Verbrennungsproduct Wasser, wie wir leicht sehen, wenn wir über ein Wasserstoffflämmchen eine Glasglocke stülpen: diese beschlägt sich im Inneren rasch mit Wassertröpfchen. Wird Schwefel verbrannt, so ist das Verbrennungsproduct Schwefeldioxyd oder schweflige Säure, die wir durch ihren stechenden Geruch wahrnehmen, und verbrennt endlich reiner Kohlenstoff, etwa ein Diamant, so besteht das Verbrennungsproduct aus reiner Kohlensäure.

Die meisten Leucht- und Heizstoffe sind nun Verbindungen oder Gemische verschiedener flüssiger, fester oder gasförmiger Stoffe, welche die Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, manchmal, wie beispielsweise das Holz, auch Stickstoff enthalten. Dieser nimmt an der Verbrennung nicht theil, er wird nur aus seiner Verbindung mit den anderen Elementen abgeschieden und entweicht, ohne zum Sauerstoff in nähere Beziehungen zu treten. Der Kohlenstoff dagegen und der Wasserstoff bilden Kohlensäure und Wasserdampf, und zwar betheiligt sich an diesem Vorgange auch jener Sauerstoff, der ursprünglich als Bestandtheil der verbrennenden Substanz vorhanden war.

Jede Verbrennung ist von einer Lichterscheinung begleitet. Es ist jedoch auffällig, daß beispielsweise die Flamme der Kerze oder des Leuchtgases hell leuchtet, während Alkohol oder reiner Wasserstoff nur eine unscheinbare, aber sehr heiße Flamme liefern. Wir können jedoch auch solche Flammen leuchtend machen, und zwar dadurch, daß wir staubförmige, anorganische Substanz in der Luft vertheilen, jene Partikelchen, die in den Bereich der Flamme kommen, erglühen lebhaft und strahlen dann ein helles Licht aus.

Die gleiche Erscheinung können wir aber auch hervorrufen, wenn wir an Stelle der organischen Substanz Ruß, also fein vertheilten Kohlenstoff in der Luft verbreiten, auch dann wird die nicht leuchtende Flamme leuchtend werden, wobei die in sie gerathenen Kohlenstofftheilchen verbrennen; das Leuchten wird um so intensiver sein, je heißer die Flamme ist. Glühender Kohlenstoff vermag also auch Licht auszustrahlen und er ist die Ursache des Leuchtens aller jener Flammen, welche durch Verbrennung kohlenstoffhaltiger Substanz entstehen, es wird durch die Verbrennung selbst Kohlenstoff abgeschieden.

Der Vorgang der Verbrennung ist also gleichzeitig auch ein Zersetzungsproceß, und zwar wird zunächst durch die Wärme der brennbare Körper verdampft, der Dampf erleidet weitere Veränderungen, wobei Kohlenstoff ausgeschieden wird, der in der Flamme erglüht und dann verbrennt. Jeder brennende feste Körper stellt uns eigentlich eine Gasfabrik im Kleinen dar: denn in letzter Linie sind es immer nur durch Einwirkung der Wärme aus dem Körper entstandene Gase, Producte der trockenen Destillation, welche der Vereinigung mit Sauerstoff unterliegen.

Das Brennen eines Gases oder eines Gasgemenges, wie es unser gewöhnliches Leuchtgas ist, ist daher ein weitaus einfacherer Vorgang wie das Brennen

Digitized by Google

eines festen Körpers, etwa einer Kerze. Halten wir das brennende Zündhölzchen — welches wir auch erst entflammen konnten, nachdem wir durch Reibung die zur Entzündung des Phosphors nöthige Temperatur erzeugt hatten — an den Docht, so wird zunächst dieser oder das schon aufgesogene Fett zum Brennen gebracht. Die dabei auftretende Wärme schmilzt die Kerze in der nächsten Umgebung des Dochtes und die geschmolzene Masse steigt in diesem empor. An jener Stelle, an welcher der Docht in die Flamme ragt, findet zunächst nur die trockene Destillation der aufgezogenen Masse statt, die entstehenden Gase vermögen hier jedoch nicht zu brennen, da an dieser Stelle kein Sauerstoff vorhanden ist. Dieser hat nur zur äußeren Hülle der Flamme Zutritt, und nur hier findet die Verbrennung statt. Der äußerste Theil der Flamme ist zwar sehr heiß, er leuchtet aber nur sehr wenig, da hier auch der Kohlenstoff vollständig verbrennt. Die entstehende hohe Temperatur wirkt aber auf die mehr nach innen gelegenen Regionen der Flamme ein und bewirkt hier eine Zersetzung der vorhandenen, durch trockene Destillation entstandenen Gase und Dämpfe, die einerseits unter Ausscheidung sehr fein vertheilten Kohlenstoffes, andererseits von Wasserstoff und anderen brennbaren, aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehenden Gasen verläuft. Indem diese Gase verbrennen, bringen sie zunächst die Kohlenstofftheilchen in lebhaftes Glühen, wobei diese ebenfalls mit dem Sauerstoffe das bekannte Bündnis schließen. Dieser Theil der Flamme ist auch jener, der leuchtet, der innerste Raum, die Gasfabrik im Kleinen, ist der dunkelste und auch der kalte Theil der Flamme.

Kerzenflamme.

Alle diese Vorgänge werden uns bei Beobachtung einer Kerzen- oder Gasflamme wahrnehmbar. Schon bei oberflächlicher Betrachtung unterscheiden wir einen unteren, blaßblau brennenden Theil (1), die mattleuchtende Hülle (2), den leuchtenden Flammenkegel (3) und endlich den dunklen Kern (4).

Daß im innersten, dunklen Kerne thatsächlich unverbrannte Gase vorhanden sind, lehrt uns ein einfacher Versuch. Halten wir nämlich in den innersten Theil der Flamme ein enges, beiderseits offenes Glasrohr, so werden durch dieses die Gase abgeleitet und wir können sie am Ende des Glasrohres entzünden, wo sie mit matter, schwach leuchtender Flamme brennen.

Der dunkle Kern der Flamme ist unter gewöhnlichen Umständen allerdings nicht wahrnehmbar, da er rings von dem leuchtenden Mantel der Flamme umgeben ist, doch können wir ihn sichtbar machen, wenn wir in die Flamme ein engmaschiges Drahtnetz halten. Durch dieses schlägt die Flamme nicht hindurch, sieht man aber auf das Drahtnetz darauf, so überblickt man einen Horizontalschnitt der Flamme, in welchem sich der leuchtende Mantel als leuchtender Ring, der dunkle Kern aber als dunkler Kreis darstellt.

Digitized by Google

Auch der Beweis, daß der innerste Theil der Flamme eine sehr niedere Temperatur besitzt, kann leicht erbracht werden. Wir brauchen zu diesem Zwecke nur einen Holzspan in die Flamme zu halten, wir sehen dann, daß nur der im Flammenmantel liegende Theil zu brennen beginnt, während der sich im dunklen Kerne befindende längere Zeit hindurch unversehrt bleibt. Ja man kann sogar, wenn man rasch genug zu Werke geht, den Kopf eines Zündhölzchens bis nahe an den Docht bringen, ohne daß er Feuer fängt, während das Holz im leuchtenden Mantel schon zu brennen beginnt.

Unsere Voreltern waren mit Bezug auf die ihnen zu Gebote stehenden Leuchtstoffe nicht besonders glänzend gestellt. Waren auch schon die den Griechen und Römern wie den Aegyptern bekannten offenen Oellampen ein überwundener Standpunkt, so verbreiteten doch die Talgkerzen und die verbesserten, geschlossenen Oellampen nur ein trübes Licht, das durch die Ende des 18. Jahrhunderts erfolgte Erfindung des flachen Dochtes an Stelle des cylindrischen nur wenig verbessert wurde. Auch die Moderateurlampe, eine Oellampe, bei welcher das Oel durch ein Pumpwerk dem Dochte zugeführt wurde, läßt sich noch lange nicht mit unseren Lichtspendern vergleichen, wenn sie auch einen bedeutenden Fortschritt auf dem Gebiete des Beleuchtungswesens bedeutete.

Ein Umschwung und eine Wendung zum Besseren trat erst ein, als das Petroleum allgemein als Leuchtmaterial zur Einführung gelangte.

Wohl hatten schon die Griechen und Römer ein auf der Insel Zante gewonnenes Erdöl benützt und sie brannten das zu Agrigent zu Tage tretende Petroleum, welches unter dem Namen „sizilianisches Oel" bekannt war, in ihren Lampen; die allgemeine Anwendung und die rationelle technische Verwerthung und Verarbeitung des Erdöles datirt jedoch aus einer viel jüngeren Zeit, etwa seit dem Jahre 1860.

In diesem Jahre wurde nämlich das berühmte pennsylvanische Erdölgebiet entdeckt, und zwar hat hier der Zufall eine große Rolle gespielt. Man arbeitete in Titusville an der Herstellung eines artesischen Brunnens, anstatt jedoch das erhoffte Wasser zu finden, erbohrte man in einer Tiefe von 22 m eine Erdölquelle, welche täglich ungefähr 4000 l Petroleum lieferte. Wohl versiegte diese Quelle nach wenigen Monaten, doch war die Entdeckung bekannt geworden und man war — und nicht mit Unrecht — überzeugt, daß hier noch gewaltige Oelvorräthe in der Erde vorhanden sein müssen.

Der wirthschaftliche Werth dieser Entdeckung war damals schon bekannt und da nur der geringste Theil jenes Landstriches sich im Privatbesitze befand, vielmehr gegen eine geringe Entschädigung von der Regierung erworben werden konnte, so strömte bald eine große Anzahl von Abenteurern herbei, die sich der Hoffnung hingaben, hier rasch und ohne besondere Mühe reich zu werden. Denn wer so glücklich war, eine ergiebige Oelquelle zu erbohren, konnte sicher sein, aus dieser einen namhaften Nutzen zu ziehen.

Wie nach der Entdeckung des Goldes in Californien ein wahres „Goldfieber" die Welt erfaßte, so zeigten sich hier ganz ähnliche Erscheinungen, wenn auch in

Digitized by Google

etwas bescheidenerem Maße, und mit Fug und Recht konnte von einem „Petroleumfieber" gesprochen werden.

Wo nur nach der Terrainbeschaffenheit halbwegs die Möglichkeit vorlag, auf Erdölquellen zu stoßen, wurden Bohrungen vorgenommen und schon im Jahre 1861 ragten gegen 2000 Bohrthürme empor. Frau Fortuna war aber wie immer auch hier launenhaft. Dem Einen bescherte sie schon nach Durchfahrung weniger Meter reichsten Oelsegen, den Anderen wieder ließ sie hundert und mehr Meter theuere Bohrungen ausführen, ohne ihm das ersehnte Erdöl zu bringen. Viele verloren bei solchen erfolglosen Bohrungen ihr ganzes Hab und Gut und zogen als Bettler von der Stelle fort, von welcher sie sich die Erlangung großer Reichthümer geträumt hatten. Es hängt dies mit dem unregelmäßigen Auftreten des Erdöles zusammen, auf räumlich eng begrenzten Gebieten kommt es ganz regellos, bald in größerer, bald in geringerer Tiefe vor, bald sind es große Erdölbehälter, welche erschlossen werden, bald stößt man auf sehr ergiebige Quellen, welche aber schon nach wenigen Tagen versiegen.

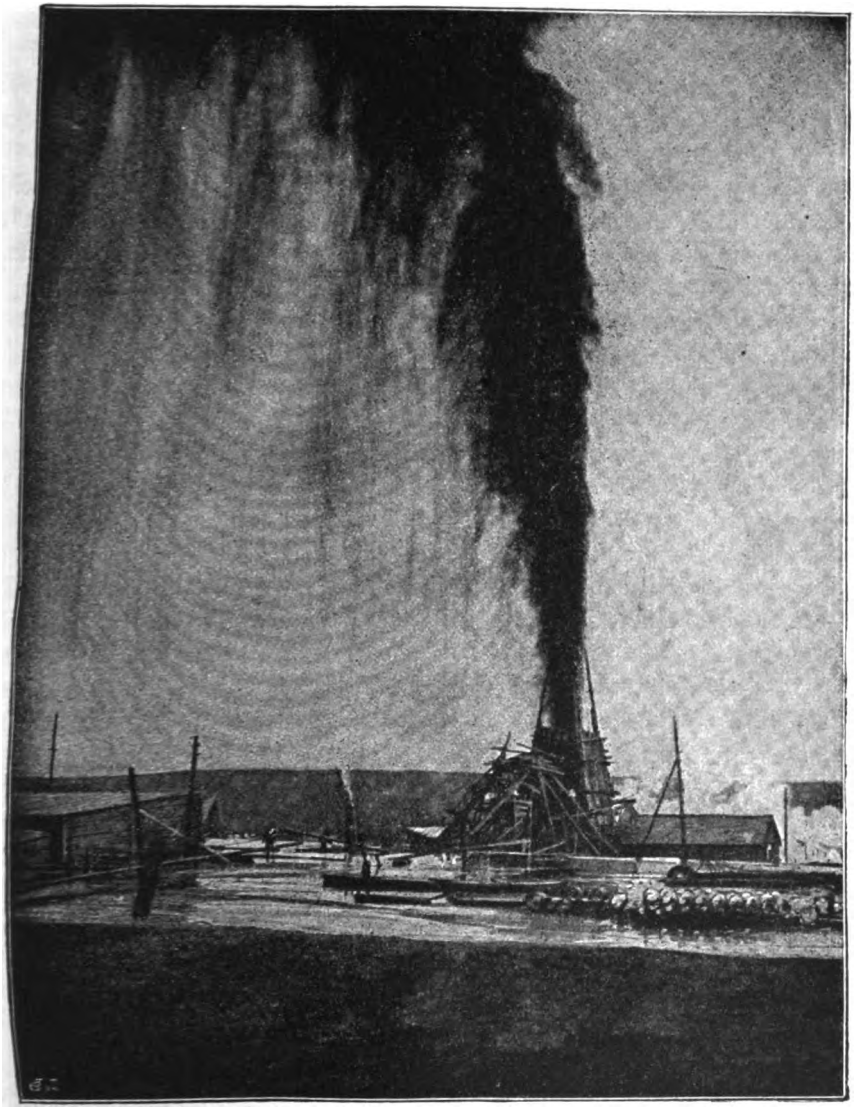
In Pennsylvanien konnte man dank diesem „Oelfieber" ganz die gleichen traurigen Erscheinungen beobachten, die man in Californien bei der hastenden Suche nach Gold wahrgenommen hatte. Die Möglichkeit, rasch zu Reichthum und Besitz zu gelangen, lockte außer capitalskräftigen Unternehmern viele Leute herbei, die nichts zu verlieren und nur zu gewinnen hatten, die Preise der Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände erreichten binnen kurzer Zeit eine fabelhafte Höhe, und viele, die sich in ihren Hoffnungen getäuscht sahen, scheuten nun auch davor nicht zurück, sich die nöthigen Lebensbedürfnisse durch Diebstahl, ja wenn es sein mußte, auch durch Raub zu verschaffen.

Vielfach wurde bei diesen Bohrungen auch ganz planlos zu Werke gegangen. Der Wunsch, nur recht bald eine mächtige Oelquelle zu erschließen, ließ jede andere vernünftige Erwägung in den Hintergrund treten, man begann mit der Bohrung, ohne die Frage zu erwägen, was mit dem Erdöle geschehen solle. Wurde dann ein reiches Vorkommen von Erdöl erschlossen, so kam es häufig vor, daß es in Form eines mächtigen Springstrahles in die Höhe schoß, ohne daß die nöthigen Fässer vorhanden waren, um es einzufangen und zu transportiren. Dann überfluthete die Naphta die ganze Umgebung, das Erdöl und die gleichzeitig entweichenden brennbaren Gase entzündeten sich an dem nächsten offenen Feuer, oder wurden von böswilliger, mißgünstiger Hand in Brand gesteckt. Dann ergriffen die Flammen große Niederlassungen und zerstörten binnen wenigen Stunden das mühevolle Werk vieler Monate, denn an ein Löschen dieser Brände war nicht zu denken. Ja, es ereignete sich sogar der Fall, daß das ungehindert ausströmende Erdöl sich in einen Fluß ergoß, in Brand gerieth, und nun meilenweit stromabwärts das Flußbett in ein wogendes Feuermeer verwandelte, ohne daß es möglich gewesen wäre, des Feuers Herr zu werden.

Nach und nach beruhigten sich jedoch die Gemüther, und an Stelle der planlosen Suche nach Erdöl traten capitalskräftige Unternehmungen, die nun ihrerseits

Digitized by Google

wieder den Charakter der ganzen Gegend veränderten. Ursprünglich lag das pennsylvanische Petroleumgebiet in einer unwirthlichen Wildnis, und man benöthigte Tage



Naphtafontäne.

und gefahrvolle Reisen, um es zu erreichen. Nun wurden Kunststraßen angelegt und Eisenbahnen gebaut, und dadurch nicht nur die Gegend erschlossen, sondern auch für die leichte Abfuhr des Erdöles Sorge getragen. Dieses wurde entweder mit der



Digitized by Google

Bahn verfrachtet oder aber in besonders construirte, eiserne Schiffe gefüllt, die dann auf eigens gegrabenen Canälen ihre Reise antraten.

Der Segen blieb nicht aus. Wo früher Abenteurer ihr Unwesen getrieben hatten und die wildeste Zügellosigkeit und Willkür herrschte, traten geordnete Zustände ein, blühende Städte entstanden fast über Nacht, und nahmen rasch an Einwohnerzahl und Ausdehnung zu. Man verbesserte die Methoden der Gewinnung des Erdöles und lenkte die Production dieses für die Allgemeinheit so hochwichtigen Stoffes in normale Bahnen.

Der ausgezeichnet praktische Sinn der Amerikaner hat sich auch hier wiederholt bethätigt. Da beispielsweise die Verfrachtung der Naphta per Bahn oder Schiff immerhin zeitraubend und kostspielig war, und diese Transportmittel doch nur verhältnismäßig langsam arbeiteten, kam man auf den Gedanken, von den Gewinnungsstellen aus lange Rohrleitungen nach den Raffinerien und von diesen nach den Hafenstädten zu legen, durch welche dann das Erdöl Tag und Nacht unausgesetzt floß, um am Endpunkte in mächtigen Reservoirs aufgespeichert zu werden.

Es war aber nur in Ausnahmsfällen möglich, diese Rohrstränge im Gefälle zu führen, öfters mußten Hügel und Anhöhen überschritten werden, und um dies zu ermöglichen, preßte man das Erdöl mit Hilfe gewaltiger Pumpenanlagen durch die Rohre.

Das rohe Erdöl ist eine dunkle, schwarzbraune oder röthlich-braune Flüssigkeit mit eigenthümlich grünem Reflexe, es ist leichter als Wasser und schwimmt daher auf diesem. Im chemischen Sinne ist es jedoch kein einheitlicher Körper, sondern ein Gemenge zahlreicher Verbindungen von gänzlich verschiedenen Eigenschaften. Die Trennung dieser Verbindungen ist die Aufgabe der technischen Verwerthung der Naphta.

Wenn wir das rohe Erdöl einer Untersuchung unterwerfen, so finden wir, daß es der Hauptsache nach nur aus zwei Elementen, nämlich aus Kohlenstoff und Wasserstoff besteht. Die gleiche elementare Zusammensetzung besitzen auch alle aus der Naphta hergestellten Producte, welche Körper in allen Aggregatzuständen umfassen, einzelne sind bei gewöhnlicher Temperatur gasförmig, andere sind flüssig, sieden jedoch schon bei niederer Temperatur. Endlich lassen sich aus der Naphta Producte herstellen, welche theils dicke, zähe Flüssigkeiten sind — die Schmieröle — theils eine salbenartige Beschaffenheit besitzen, wie das Vaselin.

Die Chemie hat nun gelernt, daß alle diese verschiedenen Producte, die selbst wieder Gemische sind, aus Verbindungen des Kohlenstoffes mit dem Wasserstoffe bestehen, die sich untereinander nur durch den steigenden Gehalt an Kohlenstoff und Wasserstoff unterscheiden, in ihrer Reihenfolge jedoch eine vollständige Gesetzmäßigkeit erkennen lassen. Das unterste Glied dieser Reihe, welche man als jene der gesättigten oder Grenzkohlenwasserstoffe zu bezeichnen pflegt, ist bei gewöhnlicher Temperatur gasförmig, es ist dies das Gruben- oder Sumpfgas, das Methan. Es

Digitized by Google

enthält Kohlenstoff und Wasserstoff im Verhältnisse 1 : 4, d. h. auf ein Atom[1]) Kohlenstoff sind 4 Atome Wasserstoff vorhanden. Das nächste Glied dieser Reihe, das Aethan, ist nach dem Verhältnisse 2 : 6, das dritte, das Propan, wie 3 : 8 zusammengesetzt. Butan enthält Kohlenstoff zu Wasserstoff im Verhältnisse wie 4 : 10, es ist das erste Product dieser Reihe, welches erst bei einer über Null Grad liegenden Temperatur siedet. Mit zunehmendem Kohlenstoffgehalte steigt jedoch der Siedepunkt dieser Kohlenwasserstoffe, die nächsten sind flüssig, dann folgen feste Körper, die Paraffine, welche aber immer nach dem gleichen allgemeinen Schema zusammengesetzt sind. Viele dieser Kohlenwasserstoffe betheiligen sich nun an der Zusammensetzung des Erdöles, und ihrer verschiedenen Siedepunkte wegen können sie durch fractionirte Destillation getrennt werden.

Die fractionirte Destillation besteht darin, daß die einem gewissen Temperaturintervalle entsprechenden Destillate gesondert aufgefangen werden. Man zerlegt also das Rohmaterial in eine Reihe von Gemischen, welche annähernd gleiche, oder doch sehr ähnliche Eigenschaften mit Bezug auf das specifische Gewicht, den Siedepunkt ꝛc. besitzen.

Wir erwähnten schon der stets als Begleiter des Erdöles auftretenden Gase, diese bestehen aus den ersten Gliedern dieser Reihe, aus Aethan und Propan; Methan, das Anfangsglied, konnte jedoch in manchen Fällen nicht nachgewiesen werden.

Die in Kaukasien und Galizien gewonnenen Erdöle weichen aber in vieler Beziehung von den in Nord-Amerika gewonnenen ab. Dies rührt daher, daß ihre Componenten einer der besprochenen Reihe der Kohlenwasserstoffe zwar sehr ähnlichen, aber doch von ihr durch die Zusammensetzung der einzelnen Glieder abweichenden Reihe angehören. Es ist dies die Aethylenreihe, deren einzelne Glieder zwar auch nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehen, doch sind sie nicht nach dem Schema 1 : 4, 2 : 6, 3 : 8 u. s. f. zusammengesetzt, sondern das erste Glied, das Aethylen, enthält Kohlenstoff und Wasserstoff im Verhältnisse 2 : 4, das Propylen im Verhältnisse 3 : 6, Butylen 4 : 8, mit anderen Worten, es sind immer doppelt so viele Atome Wasserstoff wie Kohlenstoff vorhanden.

Das Erdöl tritt an zahlreichen Punkten der Erde, doch eigentlich nur an wenigen in wirklich bedeutender Menge auf. Es findet sich im Erdinneren, in

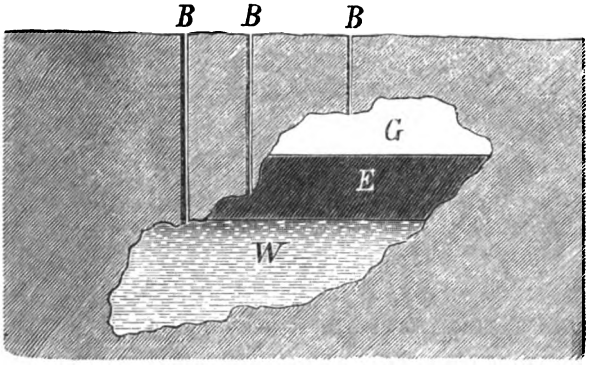
[1]) Unter einem „Atom" versteht man die kleinste Menge eines Elementes, welche weder durch chemische, noch durch physikalische Hilfsmittel weiter zerlegt werden kann. Ein „Molecül" ist dagegen die kleinste Menge einer chemischen Verbindung — oder aber auch eines Elementes — die zu existiren vermag. Auch die Elemente müssen wir uns, in gleicher Weise wie ihre Verbindungen aus Molecülen bestehend denken. Einige wenige bilden allerdings eine Ausnahme, wie Zink, Cadmium und Quecksilber, bei diesen sind die Begriffe „Atom" und „Molecül" identisch. Dagegen bestehen die Molecüle der meisten Elemente — wenigstens nicht bei extrem hohen Temperaturen — mindestens aus zwei Atomen. Von den Molecülen chemischer Verbindungen unterscheiden sie sich nur dadurch, daß hier bloß Atome gleicher Beschaffenheit im Molecüle vereinigt sind, während die Molecüle chemischer Verbindungen aus Atomen verschiedener Elemente bestehen.



Digitized by Google

größeren oder kleineren Hohlräumen eingeschlossen, welche gewöhnlich außer Erdöl auch noch Wasser und stark zusammengepreßte Gase, die ständigen Begleiter der Naphta, enthalten. Dann nimmt natürlich in dem Hohlraume das Wasser die tiefste Stelle ein, auf ihm schwimmt das Erdöl, und der freibleibende Raum wird von den Gasen erfüllt. Bei der Bohrung nach Naphtaquellen kommt es nun häufig vor, daß zunächst eine starke Quelle, welche unter großem Drucke ausströmt, erschlossen wird, der dann erst nach Tagen, unter Umständen jedoch auch erst nach Monaten das Erdöl folgt. Andererseits kann aber auch der Fall eintreten, daß weder Erdöl noch Wasser, wohl aber Gas mit großer Heftigkeit aus dem Bohrloche entweicht, solche „Gasbrunnen" versiegen nach einiger Zeit, ohne daß das erhoffte Erdöl zum Vorscheine gekommen wäre.

Diese Erscheinungen finden ihre Erklärung in dem Vorkommen des Erdöles selbst. Liegt nämlich der Hohlraum schräge zur Erdoberfläche, so kann das niedergetriebene Bohrloch ebenso gut das Erdöl als auch das unter diesem liegende Wasser, oder das darüber befindliche Gas treffen. Da das Gas aber unter starkem Drucke steht, so wird das Erdöl oder zunächst das Wasser an die Oberfläche getrieben, und mitunter bis zu einer Höhe von 30 m in die Höhe geschleudert; die Gasbrunnen entledigen sich ihres Inhaltes unter gewaltigem Brausen und Zischen. Ein Theil des sehr leicht brennbaren Gases bleibt jedoch auch in der Naphta gelöst, und entweicht aus dieser langsam bei gewöhnlicher Temperatur, es bedingt die gewöhnlich sehr tief liegende Entflammbarkeit des Rohöles.



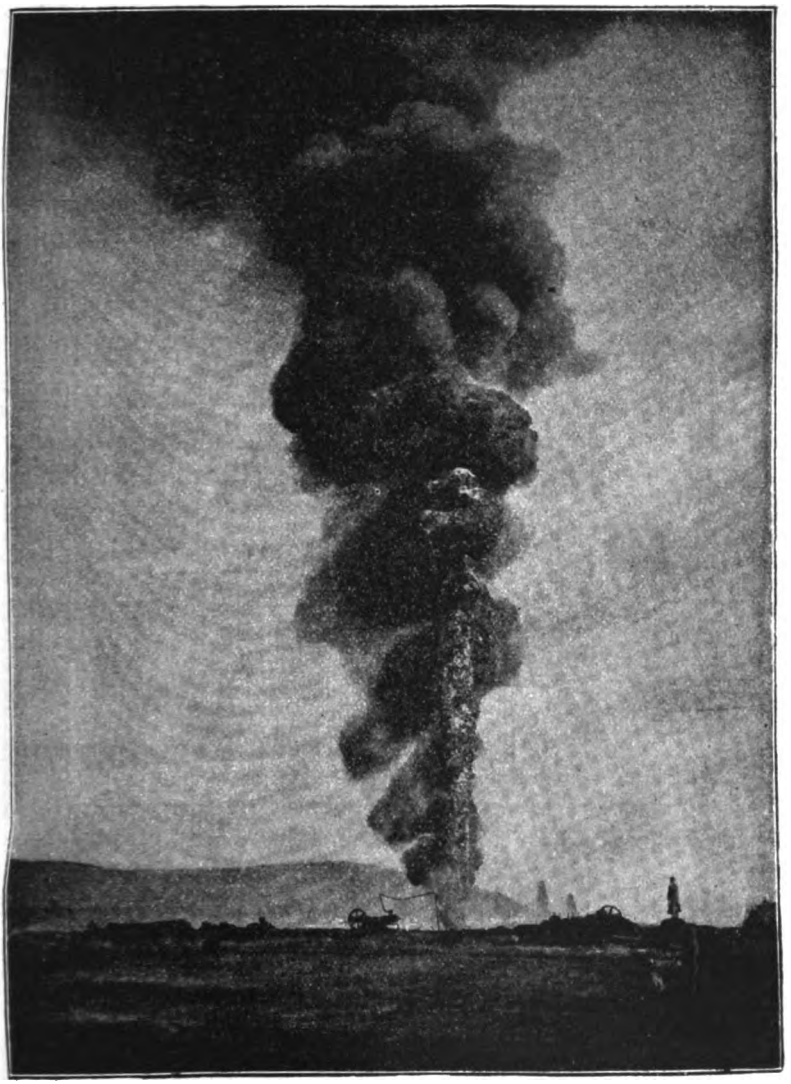

Erdöllager im Durchschnitt.
W Wasser, E Erdöl, G Gas, B Bohrlöcher.

Nächst Nord-Amerika ist das wichtigste Petroleumgebiet entschieden der Kaukasus, dessen bedeutendste Districte sich in der Nähe von Tiflis und auf der Halbinsel Apscheron unweit Baku befinden. Hier ist wohl die Erdölindustrie am vollkommensten ausgebildet worden. Die in vier Gewinnungscentren — Kalachani, Surachani, Romani und Bibi-Eybad — in gewaltiger Menge geförderte Naphta wird nach der „schwarzen Stadt" bei Baku gebracht und hier in etwa 200 Fabriken verarbeitet, um sodann in Form von Petroleum, Schmieröl und Masut — letzterer ist flüssiges Brennmaterial — über die ganze Welt versendet zu werden.

Wohl das wichtigste Product, welches aus der Rohnaphta dargestellt wird, ist das Petroleum. Es ist nichts anderes als eine bestimmte Fraction, welche bei der Verarbeitung des Rohöles gewonnen wird, die anderen Producte

Digitized by Google

unterscheiden sich von ihm nur durch einen theils niederen, theils höheren Siedepunkt.



Brand einer Rothschild'schen Fontäne in Bibi-Eybad.

Die Trennung der Bestandtheile des Erdöles in flüchtigere und solche von geringerer Flüchtigkeit wurde in früherer Zeit jedoch nicht vorgenommen, und man brachte das Petroleum in seinem natürlichen Zustande in den Handel. Beim Brennen eines Productes von der Beschaffenheit des rohen Oeles ergaben sich

Digitized by Google

jedoch verschiedene Uebelstände, einerseits war der leichten Entzündlichkeit der im Petroleum enthaltenen Gase wegen große Gefahr damit verbunden, andererseits hinterblieb in den Behältern der Petroleumlampen stets ein Rückstand, welcher durch die Dochte nicht aufgenommen wurde. Die außerordentlich große Entzündbarkeit der leichtflüchtigen Bestandtheile des rohen Petroleums war es, welches seinerzeit eine äußerst heftige Agitation gegen den Gebrauch dieses Beleuchtungsmittels entfesselte; das rohe Petroleum wurde mit vollem Rechte geradezu als ein explosiver Körper bezeichnet, welcher unbedingt nicht zu Beleuchtungszwecken verwendet werden darf.

Daß wir heute in der Lage sind, aus dem rohen Erdöle ein Product zu gewinnen, welches vollkommen gefahrlos zu Beleuchtungszwecken verwendet werden kann, und außer diesem noch zahlreiche, höchst werthvolle Nebenproducte erhalten, ist einzig und allein das Verdienst der Chemiker, welche die Eigenschaften dieses Naturproductes studirten, und die Mittel und Wege zur rationellen Verarbeitung desselben angaben.

Die Trennung der leichter flüchtigen Antheile von jenen mit höherem Siedepunkte geschieht, wie wir schon erwähnten, durch fractionirte Destillation. Jedoch auch hier ist man von ganz primitiven Anfängen unter Verwendung sehr einfacher Apparate nur Schritt für Schritt zu jenem Punkte gelangt, welchen diese Industrie heute einnimmt. Mit der genaueren Kenntnis der im Petroleum vorhandenen Stoffe verbesserten sich auch die Methoden und Apparate, welche man zur Gewinnung der verschiedenen Verbindungen in Anwendung brachte, und wir sehen heute verschiedenartig gebaute, zum Theile sehr complicirte Apparate in den Petroleumraffinerien in Thätigkeit.

Je nach dem bei der Verarbeitung des Rohöles eingeschlagenen Vorgange erhält man Fractionen von verschiedenen Eigenschaften, welche dann auch im Handel verschiedene Bezeichnungen führen; daß keine der Fractionen ein einheitlicher Körper, vielmehr jede derselben ein Gemenge von Kohlenwasserstoffen ist, haben wir schon erwähnt. Im Allgemeinen werden jedoch folgende Destillationsproducte unterschieden:

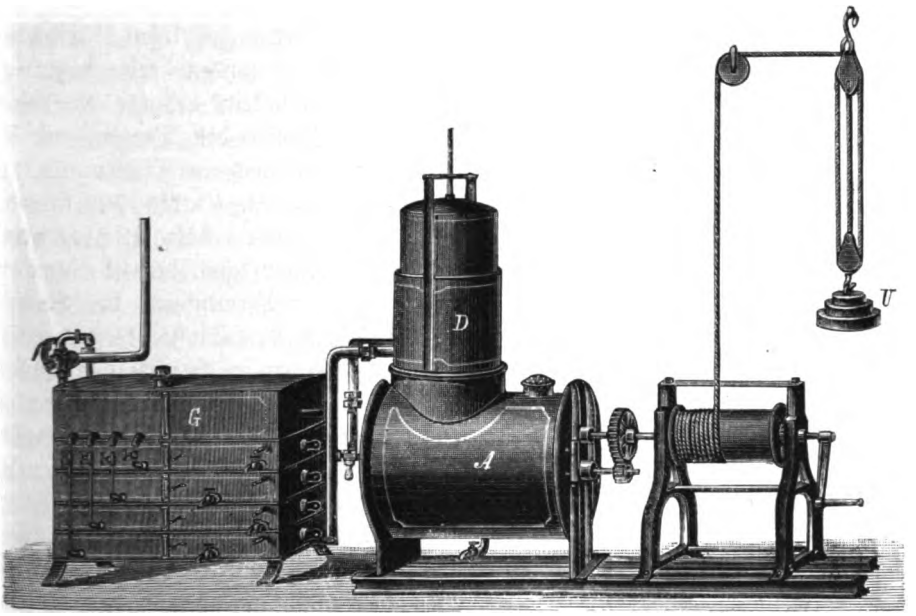
Rohnaphta. Diese wird bei der ersten Destillation erhalten, bei welcher das rohe Erdöl in drei Producte zerlegt wird: in die Rohnaphta (Siedepunkt bis 150°) in das Leuchtöl (Siedepunkt zwischen 150 und 300°) und endlich in die Rückstände, welche über 300° C. sieden. Die Rohnaphta, welche nicht in den Handel gebracht wird, dient dann zur Gewinnung der weiteren Bestandtheile, des Gasolins, des Petroleumäthers, des Benzins und des Ligroins. Das Leuchtöl ist das eigentliche Brennpetroleum, aus dem Rückstande der ersten Destillation werden dann die schwerer flüchtigen Producte, die Schmieröle, gewonnen.

Das Gasolin, auch Canadol genannt, kann durch Kühlung mit kaltem Wasser verdichtet werden, doch liegt sein Siedepunkt noch immer so nieder, daß es nicht möglich ist, es in Lampen gewöhnlicher Construction zu verbrennen. Gießt man Gasolin aus einer Flasche in dünnem Strahle aus und leitet man dem

Digitized by Google

Flüssigkeitsstrahle einen Luftstrom entgegen, so gelangt nichts von der Flüssigkeit auf den Boden, denn auf dem Wege bis dahin verwandelt sich die gesammte Flüssigkeitsmasse in Dampf.

Das Gasolin brennt mit außerordentlich heller und reinweißer Flamme, und man hat es deshalb zur Herstellung der sogenannten „transportablen Gasbeleuchtung" verwendet, welche darin besteht, daß man Luft durch Gasolin leitet, welche sich mit den Dämpfen beladt, die entzündet werden, oder das Gasolin wird in geeigneten Vorrichtungen langsam zum Verdampfen gebracht, und der Dampf als Brennmaterial verwendet. Abgesehen von der Gefahr dieses so leicht entzünd-




Gasolin-Gasapparat. G Verdampfer, E Glocke, A Ansauger, U Gewicht.

baren Körpers ist seine Verwendung als Leuchtmaterial im größeren Maßstabe, etwa zur Beleuchtung von Orten nicht möglich, denn besonders im Winter versagt die Beleuchtung häufig, wenn die Rohre durch ungeheizte Räume führen, da sich dann die Gasolindämpfe verdichten.

Das Gasolin besitzt jedoch auch die Eigenschaft, ein ausgezeichnetes Lösungsmittel für Fette zu bilden, und zu diesem Zwecke wird es auch verwendet, wobei das extrahirte Fett dann durch Destillation von dem Lösungsmittel getrennt und dieses neuerdings verwendet wird.

Unter der Bezeichnung „Benzin" wird gewöhnlich die zwischen 80 bis 100° siedende Fraction verstanden. Von dem aus dem Steinkohlentheere hergestellten Benzol, welches zur Fabrikation der Theerfarben dient, ist das Benzin wohl zu unterscheiden. Das Benzol siedet bei 82° und besteht zwar ebenfalls nur aus Kohlenstoff

Digitized by Google

und Wasserstoff, doch zeigt es ein ganz anderes chemisches Verhalten wie das Benzin, und gerade zu der wichtigsten Verwendung des Benzols, zur Herstellung von Theerfarben ist das Benzin nicht geeignet. Dagegen fängt in neuerer Zeit das Benzin an, als Leuchtmaterial, allerdings in besonders construirten Lampen, Verwendung zu finden. In den von Markus in Wien erfundenen Auer-Glühlicht-Benzinlampen wird das Benzin, welches sich in einem metallenen Vorrathsbehälter befindet, zum Verdampfen gebracht, und der mit Luft gemischte Dampf, welcher beim Verbrennen eine sehr hohe Temperatur entwickelt, zum Glühendmachen des „Glühkörpers" der Auerlampe, dessen Beschaffenheit wir noch kennen lernen werden, verwendet.

Benzinlampe.

Auch das Benzin vermag mit großer Leichtigkeit Fette zu lösen, und diese Eigenschaft, verbunden mit seiner geringeren Flüchtigkeit, bedingt es, daß es zu diesem Zwecke den Vorzug vor den Fractionen mit niederem Siedepunkte, und auch vor dem bei 40 bis 70° siedenden Petroleumäther erhält. Die sogenannte chemische Fleckreinigung beruht einzig und allein auf der Verwendung des Benzins. Die zu reinigenden Stoffe, Kleidungsstücke u. s. w. werden in einen gut verschließbaren, mit Benzin gefüllten Behälter gebracht und darin längere Zeit belassen, ein Rührwerk bewegt während dieser Zeit die zu reinigenden Objecte. Das Benzin löst nun das an der Oberfläche der Stoffe haftende Fett, und dadurch fällt auch der mechanisch an dem Fette haftende Schmutz ab. Endlich werden die Kleidungsstücke nochmals in reinem Benzin ausgeschwenkt und getrocknet, wobei man das verdampfende Benzin wieder gewinnt. Auch das zur Reinigung verwendete Benzin wird durch Destillation gereinigt. Dies ist das Geheimnis der „chemischen" Fleckputzerei, die nichts anderes ist als eine systematische Behandlung der zu reinigenden Stoffe mit Benzin, eine Operation, die in so gründlicher Weise der Private allerdings nicht vornehmen kann. Auch ist die Manipulation mit Benzin nicht ungefährlich, denn einerseits fängt es leicht Feuer, andererseits sind Fälle bekannt, wo Benzinbrände und Explosionen nur dadurch zu Stande kamen, daß die Stoffe beim Reiben in Benzin elektrisch wurden, und kleine überspringende Funken die Entzündung bewirkten. Die Zugabe einer geringen Menge Seife zum Benzin soll jedoch diese Erscheinung gänzlich verhüten.

Jenes Destillat, dessen Siedepunkt zwischen 150 und 300° liegt, wird zur Erzeugung des eigentlichen Petroleums, des Lampenöles verwendet. Die Namen,

Digitized by Google

unter welchen das Petroleum in den Handel gebracht wird, sind ungemein zahlreich und häufig werden besonders schön klingende Bezeichnungen gewählt, unter denen sich aber auch nichts anderes verbirgt als ein mehr oder minder gutes Petroleum.

Außer den bisher aufgezählten leichter flüchtigen Antheilen des rohen Erdoles werden bei der Destillation aber auch Producte erhalten, welche oberhalb 300° sieden. Diese hochsiedenden Destillate sind von dicklicher Beschaffenheit und bilden eine Lösung fester Kohlenwasserstoffe — im amerikanischen Petroleum von Paraffinen im engeren Sinne — in flüssigen Kohlenwasserstoffen. Je höher der Siedepunkt dieser Antheile liegt, desto mehr feste Stoffe enthalten sie, mitunter sind sie daran so reich, daß sich in der Kälte die festen Antheile ausscheiden und dann Producte von salbenartiger Consistenz, die sogenannte „Vaseline" oder Mineralfett bilden. Die flüssig bleibenden „Schweröle" finden als Schmiermittel eine ausgedehnte Anwendung, und vor den früher ausschließlich verwendeten thierischen und pflanzlichen Oelen besitzen sie den großen Vorzug, daß sie keine sauren Bestandtheile enthalten und auch nicht ranzig werden, das zu schmierende Metall wird daher in keiner Weise angegriffen.

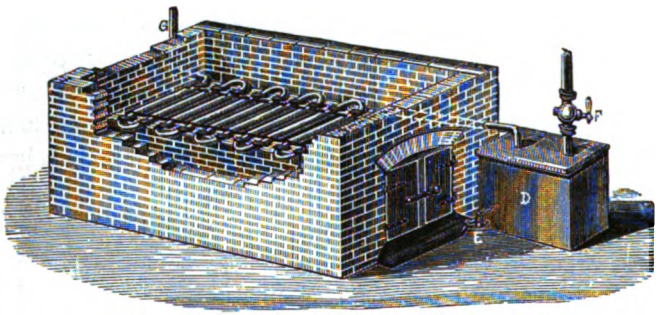
Wird endlich die Destillation des rohen Erdöles so weit getrieben, daß überhaupt keine condensirbaren Dämpfe mehr entweichen, so hinterbleibt in dem Destillationsgefäße eine coaksartige, kohlige Masse, die bloß zu Heizzwecken verwendbar ist. Treibt man dagegen die Destillation nicht bis zu diesem Punkte, so erhält man einen asphalt- oder pechartigen Rückstand, der in den Gewerben ebenso wie der richtige Asphalt verwendet werden kann und wird. Behandelt man diesen Petroleumasphalt unter Erwärmen mit concentrirter Schwefelsäure, so werden alle nicht der Reihe der gesättigten Kohlenwasserstoffe angehörenden Verbindungen verkohlt, die anderen aber gebleicht, und man erhält schließlich ein farbloses Gemenge fester Kohlenwasserstoffe, welche unter dem Namen „Paraffine" bekannt sind. Besonders das pennsylvanische Erdöl ist reich an solchen Paraffinen. Doch stammt nicht alles im Handel vorkommende Paraffin aus dem Erdöle, ein Theil wird auch aus dem Holztheere, die Hauptmenge jedoch aus dem Ozokerit oder Erdwachs gewonnen.

Wie man sieht, dient also das rohe Erdöl zur Gewinnung einer Reihe höchst werthvoller und wichtiger Stoffe, und wir wollen nun die technische Verarbeitung dieses Productes näher kennen lernen.

Die Zerlegung des Rohöles in die verschiedenen Producte erfolgt, wie wir schon erwähnten, durch fractionirte Destillation. Es wird also das Rohöl in die Blase eines Destillirapparates gebracht und nun werden die überdestillirenden Antheile nach ihrem Siedepunkte und nach dem specifischen Gewichte getrennt. Wird jedoch ein Gemisch verschiedener Verbindungen, wie es das rohe Erdöl ist, der Destillation unterworfen, so zeigt es nicht einen constanten Siedepunkt, vielmehr beginnen schon bei sehr niederer Temperatur Gase zu entweichen, dann folgen condensirbare Antheile und gleichzeitig steigt der Siedepunkt langsam, aber constant,

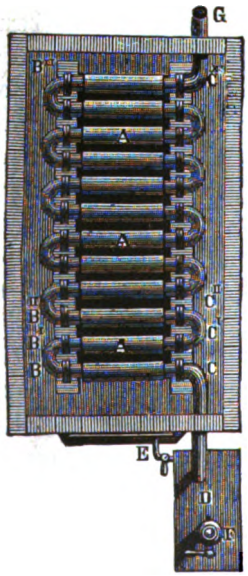
Digitized by Google

so daß es nicht möglich ist, einen bestimmten Kohlenwasserstoff abzuscheiden. Es ist daher nur durchführbar, Gemenge von Kohlenwasserstoffen, welche annähernd gleiche Eigenschaften besitzen, also bestimmte Fractionen, zu gewinnen.



Dampfüberhitzer (Ansicht .

Bei der Destillation des Erdöles ist aber noch ein weiterer Umstand zu beachten. Es ist nämlich für die Ausbeute an den einzelnen Producten nicht gleichgiltig, in welcher Weise die Destillation vorgenommen wird, ob man aus großen oder kleinen, aus vollen oder halbvollen Retorten destillirt. In jedem dieser Fälle werden andere Mengen und Producte von anderen Eigenschaften erhalten.



Dampfüberhitzer (Draufsicht).

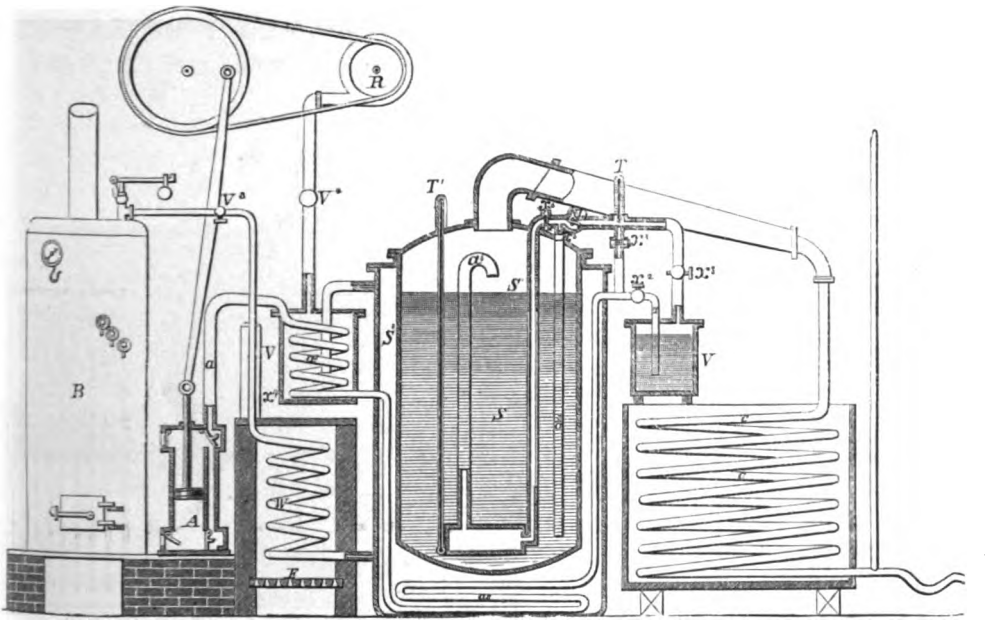
Die zweckmäßigste Art der Destillation besteht darin, daß man den Inhalt des Destillationsgefäßes nicht durch directes Feuer, welches eine Regulirung der Temperatur nur innerhalb weiter Grenzen gestattet, erwärmt, sondern indem man dies durch Wasserdampf besorgt. Würde man den unter gewöhnlichem Drucke stehenden Wasserdampf verwenden, so wäre eine Erwärmung allerdings nur bis zu 100° durchführbar. Unter Verwendung gespannten Dampfes läßt sich jede erforderliche Temperatur erreichen und deshalb haben auch diese Apparate die größte Verbreitung gefunden. Um jedoch dem Dampfe eine Temperatur von 200 bis 300° zu ertheilen, dadurch, daß man ihm auch die erforderliche Spannung bringt, sind nicht nur große Kesselanlagen nöthig, sondern die Verwendung solchen Dampfes besitzt auch den Uebelstand, daß die Destillationsapparate genügend stark construirt sein müssen, um den Druck auszuhalten. Man verwendet daher vielfach überhitzten Dampf, dem bei geringem Druck jede beliebige Temperatur ertheilt werden kann.

Ein solcher Dampfüberhitzer besteht aus dem Dampfkessel DFE, der Dampf von $1^1/_2$ bis 2 Atmosphären Druck liefert, dieser Dampf tritt in das System von Erhitzungsröhren A, welche durch die Muffen B und C verbunden sind. Je nachdem man Dampf von geringerer oder höherer Temperatur benöthigt, wird nur ein Theil oder das ganze Rohrsystem erhitzt. Der bei G abströmende überhitzte Dampf wird nach dem Destillationsgefäße geleitet.

Digitized by Google

Im Laufe der Jahre wurden zahlreiche Apparate zur Destillation des Rohpetroleums construirt, von denen sich viele in der Praxis gut bewährt haben; um sich einen allgemeinen Begriff von der Einrichtung und der Arbeitsweise dieser Vorrichtungen zu machen, wird es genügen, wenn wir zwei dieser Apparate etwas eingehender besprechen.

Der in Amerika vielfach angewendete Apparat von Lugo benützt zur Destillation überhitzten Dampf, außerdem kommt noch ein Luftstrom zur Anwendung, dessen Aufgabe es ist, die sich aus dem Destillirgefäße entwickelnden Dämpfe rasch nach




Erdöl-Destillirapparat von Lugo.

den Condensationsgefäßen zu führen. Dieser Apparat (siehe die obenstehende Abbildung) besteht aus folgenden Haupttheilen:

B Dampfkessel;

A Luftpumpe;

F Ofen mit der Ueberhitzungsschlange;

S Destillirblase;

S' Mantel, welcher die Destillirblase umgiebt, in den Zwischenraum wird der zur Erhitzung dienende Dampf geleitet;

R Dampfmaschine, welche die Luftpumpe A bewegt;

V Dampfgefäß, um die Luft, welche durch a aus A fortgeschafft wird, zu erhitzen; das Rohr a mündet bei $a^4$ in ein Gefäß $V^2$, in welchem die bei der Raffination angewendeten Chemikalien gelöst werden;

Digitized by Google

T Thermometer zur Ermittlung der Temperatur der Luft, welche in das Destillirgefäß gepumpt wird; die Luft gelangt durch $a^5$ und $a^6$ in das Destillirgefäß;

T' langes Thermometer im Destillirgefäße;

$V^3$ bis $V^4$ Regulirhähne;

$x^4$ Hahn des Dampfgefäßes V;

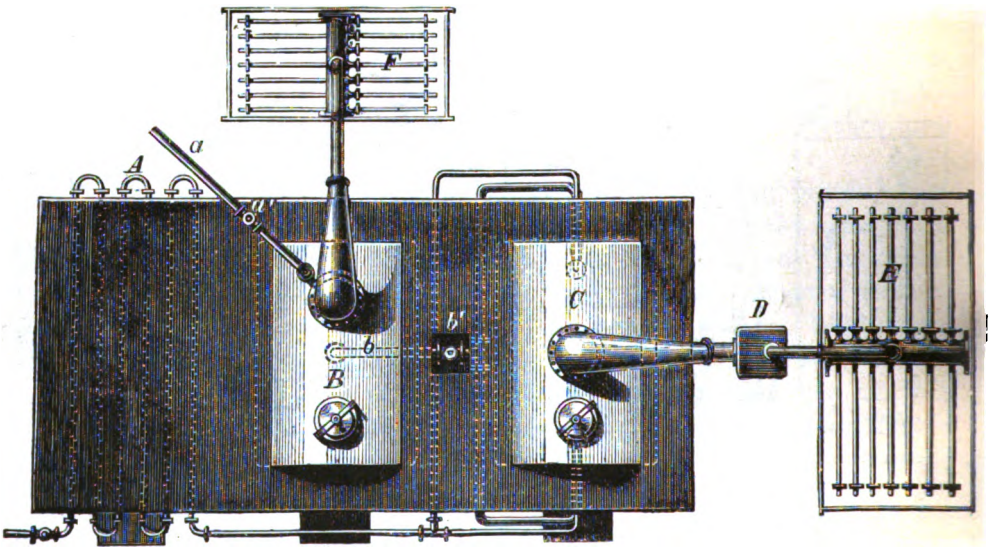
$x^1$, $x^2$, $x^3$, $x^5$, $x^6$ Hähne zur Luftregulirung;

D Druckventil;

C Kühlschlange;

W Ueberhitzungsschlange.

Die Destillation beginnt, sobald die Temperatur im Inneren der Blase 38° erreicht hat, nach etwa 3 Stunden ist sie beendet.




Apparat zur continuirlichen Destillation des Erdöles von Roßmäßler (Drauffícht).

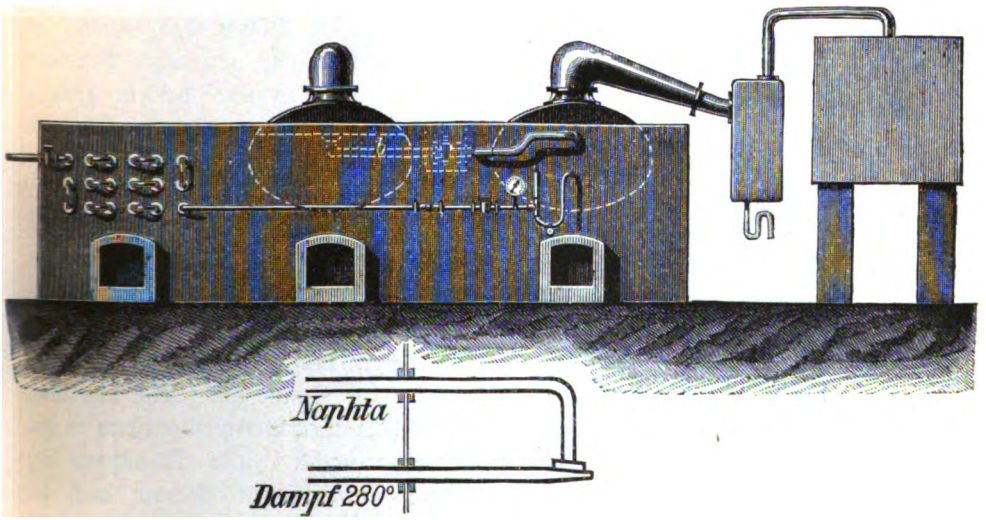
Ein anderer, ebenfalls höchst verwendbarer und zweckmäßiger Apparat wurde von Roßmäßler, dem langjährigen Dirigenten einer Petroleumraffinerie zu Baku, angegeben. Dieser Apparat beruht auf dem Principe, daß die Naphtamenge, welche aus einem Rohre von beliebigem Durchmesser ausfließt, im Momente des Austrittes auf einen Dampfstrahl stößt, der bis zu einer solchen Temperatur erhitzt ist, daß sie genügt, um alle leicht flüchtigen Antheile in Dampf zu verwandeln. Das Gemenge von Benzin- und Wasserdampf wird dann in den Kühler geleitet.

Die Einrichtung dieses Apparates ist aus den beigegebenen Abbildungen ersichtlich. Er besteht aus dem Dampfüberhitzer A, dem Vordestillirapparate B, dem Verdampfer C, dem Separator D und den beiden Kühlern E und F; er wird in folgender Weise in Betrieb gesetzt: Nachdem der Vordestillirapparat durch das Rohr a, welches mit dem Naphtareservoire in Verbindung steht und in B dicht

Digitized by Google

über dem Boden mündet, mit Naphta so hoch gefüllt ist, daß diese in gleicher Höhe mit dem Uebersteigrohre b steht, wird B angeheizt, und wenn die Destillation im vollen Gange begriffen ist, öffnet man die beiden Ventile a' und b' in dem Maße, daß der Zufluß neuer Naphta durch a in demselben Verhältnisse steht wie der Abfluß derselben durch b nach C. Die in B sich bildenden Dämpfe condensiren sich in dem Kühler F und fließen als Gasolin oder Benzin ab.

Bevor dies erreicht wird, muß jedoch auch die Temperatur des Dampfes bis auf 280° gesteigert werden. Das Rohr, welches den überhitzten Dampf nach C leitet, verzweigt sich, ebenso wie das Naphtaüberflußrohr b, so daß überhitzter Dampf und von Benzin befreite Naphta von zwei Seiten in den Verdampfer gelangen. In den beiden „Pulverisatoren" stoßen Naphta und überhitzter Dampf




Apparat zur continuirlichen Destillation des Erdöles von Roßmäßler (Seitenansicht).

zusammen, die erstere wird zerstäubt und in dem der Temperatur des Dampfes entsprechenden Grade verdampft. Das Gemisch von Wasser- und Naphtadämpfen gelangt durch den Helm C in den Separator D, in welchem sich möglicherweise nicht verdampfte, sondern nur mechanisch mitgerissene Naphtatheilchen absetzen können, und von hier aus in den Kühler E.

Diese beiden Beispiele werden wohl die Einrichtung solcher Petroleumdestillirapparate genügend erläutern und veranschaulichen. Mit der Beendigung der Destillation ist aber noch durchaus kein allen Anforderungen entsprechendes Leuchtöl gewonnen, die betreffende Fraction muß vielmehr noch einem Processe der Reinigung und Entfärbung unterworfen werden.

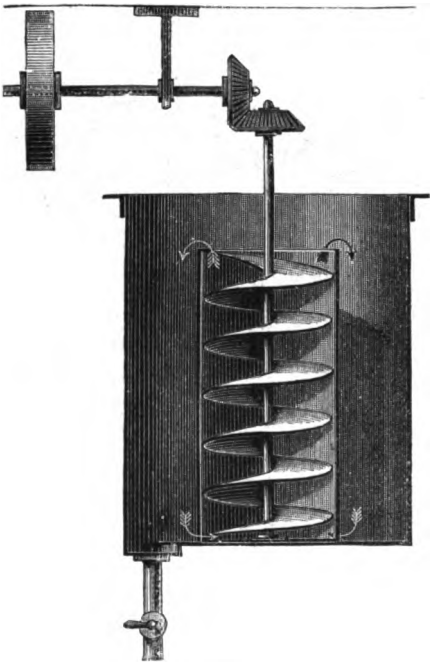
Zu diesem Zwecke mischt man das Oel mit concentrirter Schwefelsäure, welche zahlreiche verunreinigende Verbindungen zerstört, worauf man es zum Zwecke der Entsäuerung noch mit Soda- oder Aetznatronlauge behandelt. Die Schwefelsäure,

Digitized by Google

beziehungsweise die Lauge würde jedoch in dem leichten Oele zu Boden sinken und daher nur sehr wenig reinigend wirken. Man muß deshalb für eine innige Mischung sorgen, was durch Anwendung besonderer Mischgefäße erreicht wird.

Diese Mischapparate bestehen aus entsprechend großen Gefäßen, in welchen entweder aus einem mit vielen Löchern versehenen Rohre Luft unter Druck ausströmt, welche die Flüssigkeit durchstreicht und in lebhafter Bewegung erhält, oder es wird der gleiche Zweck durch Anwendung von Rührwerken erreicht.

Ist das rohe Leuchtöl genügend lange Zeit mit der Schwefelsäure in Berührung gewesen, wobei es sich in eine schwarze Masse verwandelt, so wird die Rührvorrichtung abgestellt. Nun lagert sich die Schwefelsäure, welche durch die aufgenommenen Verunreinigungen dunkel gefärbt ist, am Boden des Gefäßes ab und man kann das gereinigte Petroleum abziehen. Um es von der in geringer Menge beigemengten Schwefelsäure zu befreien, wird es in der gleichen Weise mit Wasser und dann noch mit Soda- oder Aetznatronlösung gewaschen, wodurch noch eine weitere Reinigung erzielt wird. Um dunkel gefärbtes Oel zu bleichen, wird es endlich noch in großen flachen und mit Glasdächern versehenen Gefäßen der Einwirkung der Sonne ausgesetzt und dann in den bekannten Petroleumfässern in den Handel gebracht. Zum Transporte auf weitere Entfernungen dienen auch die Reservoir- oder Cisternenwagen, deren jeder bis zu 10.000 kg Petroleum aufzunehmen vermag.



Mischapparat.

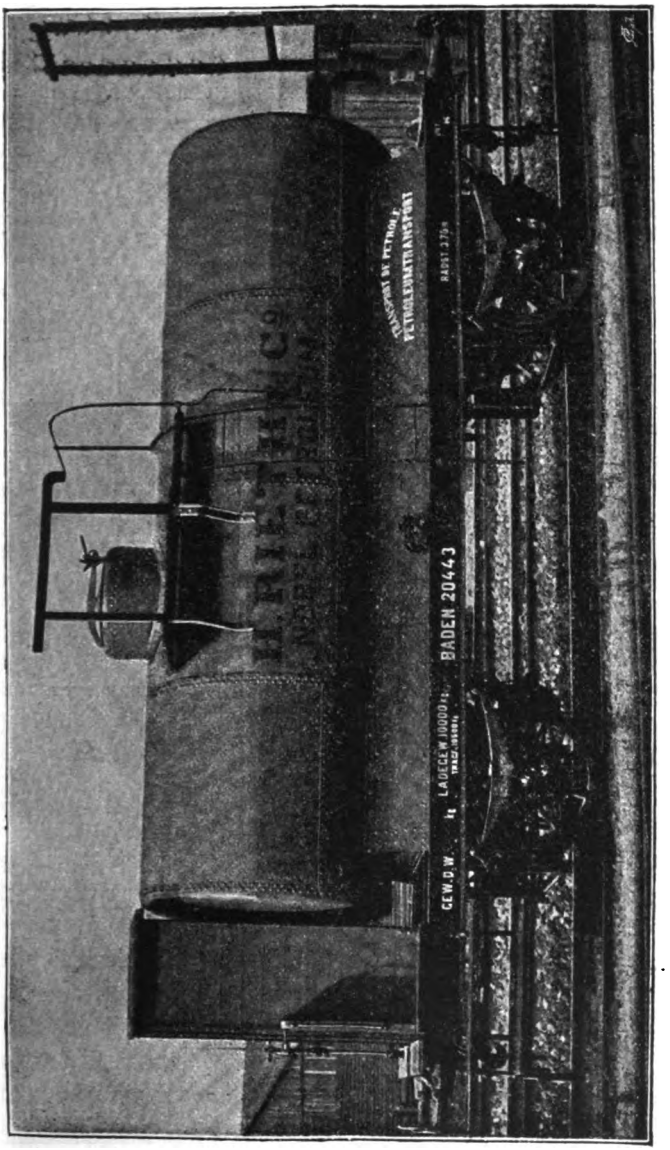
Auch die schweren Oele, welche zur Darstellung der Schmieröle dienen, müssen vorher noch einer Raffination unterworfen werden. Zu diesem Zwecke werden sie ebenfalls mit Schwefelsäure, Wasser und Lauge behandelt, dann aber nochmals der Destillation unterzogen.

Hierzu dienen Destillirapparate besonderer Construction, bei welchen ausschließlich überhitzter Dampf verwendet wird; einen solchen Apparat veranschaulicht die Abbildung auf Seite 112.

In dieser Abbildung ist der Dampfüberhitzer mit A, der Kessel mit B, die Dephlegmationsvorrichtung, in welcher die Antheile mit niederem Siedepunkte verdichtet werden, mit C und D, der Wasserkühler mit E und die Vorlage mit F bezeichnet. . . . .

Digitized by Google

Einer jener Punkte, an welchem die Petroleumindustrie die größte Ausdehnung gewonnen hat, ist Baku. Hier hat sie sogar der ganzen Gegend und einem eigenen Stadttheile ihren Stempel aufgedrückt, und so interessant nun auch



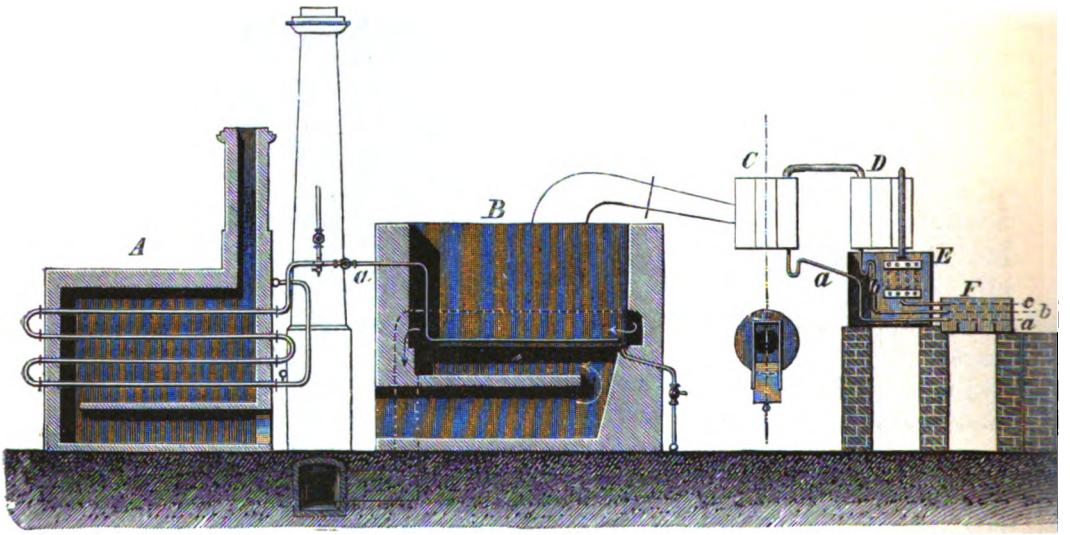

Cisternenwagen für Erdöl der Waggonfabrik Van der Zypen und Charlier in Köln-Deutz.

die „schwarze Stadt" für den Besucher ist, so froh ist er wieder, aus den von Naphta triefenden Straßen, deren Begehung wegen der zahlreichen auf der Erde liegenden Rohrleitungen fast unmöglich wird, und aus dem Gewirre schwarzer

Digitized by Google

Fabriksmauern und Schornsteine herauszukommen. Es ist ein trostloser Ort, in welchem zwar alljährlich Millionen verdient werden, der aber all der Bequemlichkeiten und Annehmlichkeiten vollständig entbehrt, deren der Culturmensch bedarf, um sich wohl zu fühlen.

Tschorni-Gorod — sagt F. Roßmäßler in seinem Lehrbuche der Petroleum- und Schmierölfabrikation — erstreckt sich an einer flachen Stelle dicht am Ufer des Kaspischen Meeres in der Entfernung von 1 km von der Stadt Baku. An der südlichen, der Seeseite, befinden sich viele Ladebrücken, an denen unzählige Dampfer und Segelschiffe die flüssige Fracht in ihre Cisternen einnehmen; an der Nordseite der Fabriksstadt zieht sich ein Höhenzug in weitem Bogen hin, den die



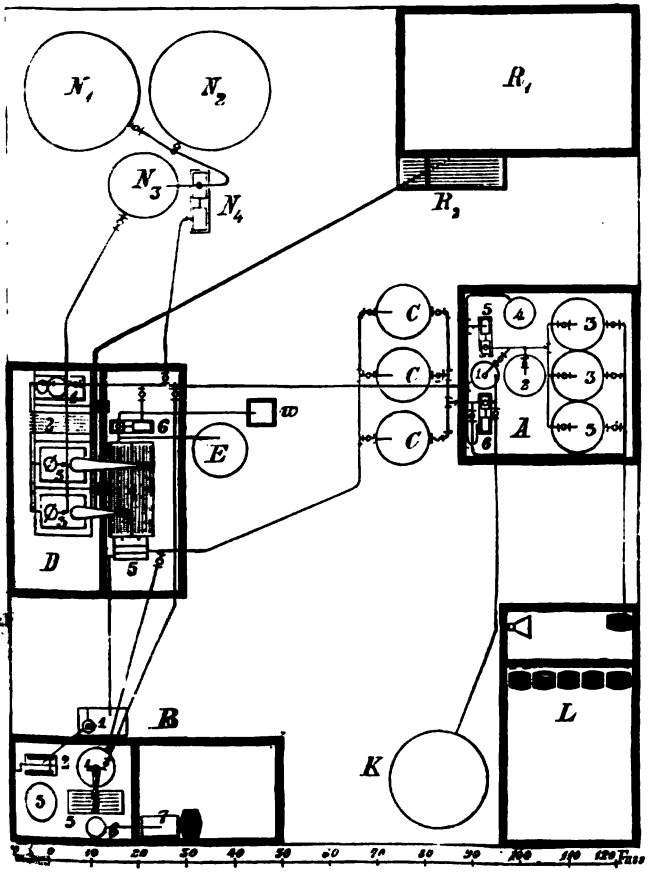

Apparat zur Destillation der Schmieröle.

nach den Naphtaquellen führende Eisenbahn übersteigt. Die Straßen von Tschorni-Gorod sind von einem wahren Chaos aller möglichen Rohrleitungen, Canälen für Abfallwässer der Fabriken und Eisenbahngeleisen durchkreuzt, so daß der Verkehr für Fuhrwerke ziemlich schwierig ist. An der Nordseite, stellenweise im Anschlusse an die Fabriken, reihen sich große offene, in der Erde ausgegrabene, nur in seltenen Fällen mit Holz oder Mauerwerk ausgekleidete Sammelbassins an, von denen viele so groß sind, daß sie mehr als eine Million Pud Naphtaresiduen zu fassen vermögen. Mit diesen Vorrathsgelassen für Destillationsrückstände wechseln große, runde, aus Kesselblech zusammengenietete Reservoirs für Rohöl und fertige Waare ab. Diese Reservoirs von 10.000 bis 100.000 Pud Fassungsraum und darüber stehen vereinzelt und in Gruppen, theils außerhalb, theils innerhalb der Fabriken, oder auch in ganzen Colonien auf dem Rücken des erwähnten Höhenzuges, dessen Ausläufer in mehreren Bogen östlich von Tschorni-Gorod bis nahe an das Ufer treten.

Digitized by Google

Auf dem weiten freien Platze, der von der eben geschilderten Nachbarschaft umgeben ist, liegen die Destillationen, Raffinerien und Wohnhäuser der Mineralölfabriken, die Pumpstationen, Schwefelsäurefabriken u. s. w.

Tschorni-Gorod macht auf den Fremden einen ganz eigenthümlichen Eindruck und gleicht eher einer ungeheueren Brandstätte, aus der nur noch die Reservoirs und ein wahrer Wald von Schornsteinen hervorragen. Diese Eigenthümlichkeit ist dadurch bedingt, daß die kleinen, meist einetagigen, schwarz verräucherten Wohnhäuser, Comptoirs ꝛc. ꝛc. alle nach Landessitte flache Dächer haben und da sämmtliche Destillationskessel, Kühler, Mischer und sonstige Apparate unter freiem Himmel aufgestellt sind; nur die Dampfmaschinen und Raffinirapparate der Schmierölfabriken, die vor dem fast ununterbrochen in die Luft wirbelnden Staube geschützt werden müssen, sind überdacht, welcher Luxus bei den Dampfkesseln auch in vielen Fällen weggelassen wurde, oder höchstens nur an der Seite, an der sich die Feuerungen befinden, anzutreffen ist.




Anlage einer Petroleumraffinerie.

N Naphtacisterne, D Destillationshaus, A Raffinerie des Kerosins, C Cisterne für rohes Destillat, B Benzinhaus, L Lagerhaus, K Lagercisterne für Kerosin, R Reservoir für die Destillationsrückstände.

Diese Bauart ist bei dem herrschenden Klima, dem ein eigentlicher Winter gänzlich fehlt und dessen trockene Hitze in den Monaten Mai bis October jener tropischen Ländern ziemlich nahe kommt, vollständig angemessen und hat die Ersparnis vieler Millionen Rubel ermöglicht, die sonst für den Bau ungeheuerer umfangreicher Fabriksgebäude hätten ausgegeben werden müssen. Außerdem bietet diese durch das Klima erlaubte Anordnung noch den großen



Digitized by Google

Vortheil, der so häufig hier vorkommenden Feuersbrünste schneller Herr zu werden, da nach dem Löschen das Fehlen eingestürzter Häuser, wie solche auf anderen Brandstätten sich finden, eine Wiederaufnahme des Betriebes in der Regel, auch nach sehr heftigen Bränden, wenige Tage nach dem Feuer gestattet.

Die Größe und Art der Anlage der einzelnen Fabriken schwankt innerhalb der denkbar weitesten Grenzen. Man sieht hier Fabriken mit einem einzigen alten Destillirkessel von höchstens 100 Pud Destillationsfüllung und solche mit langen stolzen Reihen von 50 und mehr Kesseln, deren Fassungsvermögen zwischen 1000 und 3000 Pud variirt.

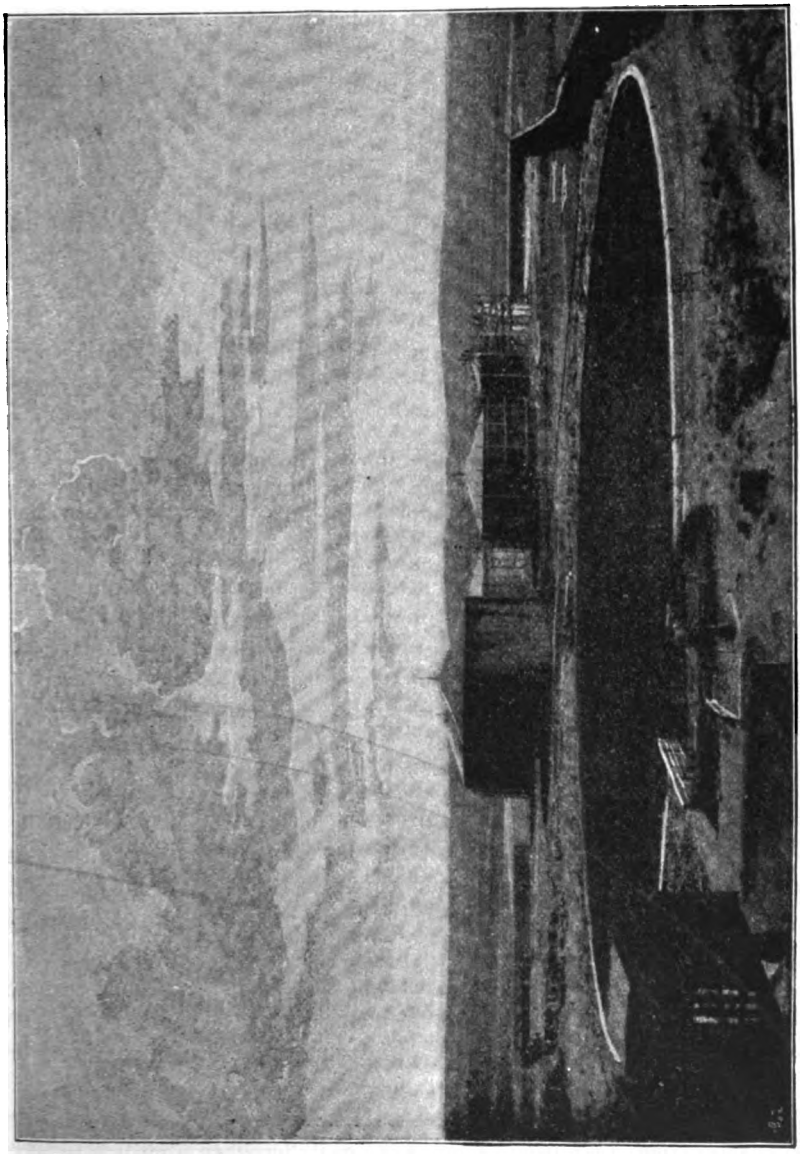
Schon seit einer langen Reihe von Jahren wird das kolossale Quantum Schwefelsäure, welches die Mineralölfabriken zur Raffinirung ihrer Destillate benöthigen, an Ort und Stelle erzeugt. Viele und große Säurefabriken, theils in, theils außerhalb Tschorni-Gorod angelegt, präsentiren als die fast einzigen Vertreter der Bautechnik ihre großen, steinernen Gebäude, in denen die Bleikammern, Concentrirungspfannen, Platinapparate u. s. w. untergebracht sind. Fast ausschließlich wird von diesen Fabriken sizilianischer Schwefel verarbeitet, der über Batum zugeführt wird. Der Benützung des kaukasischen Schwefels, der in vielen Gegenden in ergiebigen Lagern von schöner Qualität vorhanden ist, steht bis jetzt noch die kostspielige Zufuhr desselben, bedingt durch die schlechten Verkehrswege des Kaukasus, hinderlich im Wege.

Außer den Schwefelsäurefabriken giebt es in und um Tschorni-Gorod noch verschiedene andere Fabriken, deren Betrieb mit der Erdölverarbeitung in Zusammenhang steht; die bedeutendsten derselben sind chemische Fabriken, die sich mit der Aufarbeitung der Rückstände befassen, die bei der Raffination der Mineralöle erübrigen. Die wichtigsten dieser Betriebe sind jene, welche aus den sauren und alkalischen Raffinierrückständen Schwefelsäure und Natronlauge darstellen; ferner Asphalt-, Eisenvitriol- und Alaunfabriken. Außerdem werden in Tschorni-Gorod noch Ziegelfabriken für gewöhnliche und feuerfeste Ziegel und eine große Anzahl von Kesselschmieden, Maschinenfabriken u. s. w. betrieben. Unter den Fabriken der Eisenindustrie ist eine erwähnenswerth, die aus den Abfällen der Kesselschmieden, die hier in sehr großer Menge zu haben sind, ein sehr gutes Schmiedeeisen darstellt, aus dem größtentheils Bohrinstrumente für die Petroleumgewinnung zu Balachana gemacht werden.

Tschorni-Gorod besitzt seine eigene Polizei, Post- und Telegraphenamt, Schulen, Krankenhäuser u. s. w. Trotz aller dieser, der modernen Civilisation entsprechenden Institute ist das Leben in der „schwarzen Stadt" namentlich für die Arbeiter und schlecht besoldeten Unterbeamten ein unangenehmes und mit vielen Entbehrungen verknüpftes. Abgesehen von der Rußplage in den meist schlechten Wohnhäusern macht sich während der heißen Jahreszeit der Mangel an genügend gutem Trinkwasser schwer fühlbar, ferner sind die Lebensmittel schlechter und theuerer als in Baku und trotz vielfacher Anregungen hat bisher erst eine einzige Fabrik für ihre Angestellten und Arbeiter ein Consuminstitut gegründet. Im Allgemeinen sind Tausende von Arbeitern gezwungen, ihre Lebensmittel in den schmutzigen

Digitized by Google

Läden, die fast ohne Ausnahme sämmtlich in den Händen von Armeniern und Persern sind, die es mit der Ehrlichkeit nicht sehr genau nehmen, für schweres Geld zu erwerben.



Naphta-Anbare und Reservoir.

Unter den Arbeitern der Fabriken sind Deutsche, Schweden, Russen, Armenier und kaukasische Tataren am stärksten vertreten. Von den drei letztgenannten Völkern hatte sich auch eine ziemliche Anzahl von Chemikern und Ingenieuren, die theils



Digitized by Google

auf russischen, theils auf deutschen Hochschulen ihre Bildung genossen haben, eingebürgert, und deren Zahl steigt von Jahr zu Jahr. Als Fabriksarbeiter eignen sich auf jeden Fall die kaukasischen Tataren und Perser am besten, sie sind nüchterne, fleißige und lernbegierige Menschen, die vor dem russischen und auch deutschen und amerikanischen Arbeiter den doppelten Vorzug der Nüchternheit und der Unempfänglichkeit gegen die gesundheitsschädlichen Einflüsse des Klimas haben. Die mohammedanischen Arbeiter haben sich vermöge ihrer guten Eigenschaften so herangebildet, daß sich der größte Theil der Destillateure, Maschinisten, Kesselheizer und Vorarbeiter aus ihren Reihen recrutirt.

Die größte Fabrik ist jene, welche die Gesellschaft „Gebrüder Nobel" errichtete. Dieses Etablissement zerfällt in acht Abtheilungen, und zwar in die Kerosinfabrik, die Schmierölfabrik, die Schwefelsäurefabrik, die Laugenfabrik, die mechanische Fabrik, bestehend aus Gießerei, Dreherei, Schmiede, Kessel- und Kupferschmiede, die Maschinenabtheilung des Betriebes der Fabriken, das Control- und Versuchslaboratorium und die Flottenabtheilung über die 15 Tankdampfer auf dem Kaspischen Meere, exclusive die Flußdampfer und Barken auf der Wolga.

Wir wollen hier nur den beiden ersten Abtheilungen eine einigermaßen eingehende Betrachtung widmen und von den anderen nur erwähnen, daß sie alle als mustergiltige Anstalten bezeichnet werden können, von denen z. B. die mechanische Abtheilung außer den laufenden Reparaturen der Betriebsapparate jeden Neubau im Maschinen-, Kessel-, Schiff- und Hochbaufach ausführen kann. Die Laugenfabrik verarbeitet die alkalischen Rückstände der Kerosin- und Schmierölraffinerie.

Die Kerosinfabrik zerfällt in mehrere Unterabtheilungen, die auf isolirten Plätzen angelegt sind und der Reihe nach, wie sie der Gang der Fabrikation erfordert, sind: Empfang, Aufbewahrung und Ablassen des rohen Erdöles, Destillation, Raffinerie, Benzinabtheilung, Aufbewahrung und Verladung des fertigen Productes.

Von Balachana-Sabuntschi aus (in gerader Linie 10 km entfernt) gelangt das Oel, durch große Pumpen getrieben, durch mehrere Rohrstränge von 9 bis 20 cm Durchmesser in große eiserne Reservoirs oder unterirdische, ausgemauerte und mit Rollblei ausgelegte Bassins, von denen das größte 7 Millionen Pud zu fassen vermag, die auf dem Höhenzuge, welcher Tschorni-Gorod umgiebt und mit einem seiner Ausläufer die Nobel'sche Fabrik begrenzt, angelegt sind.

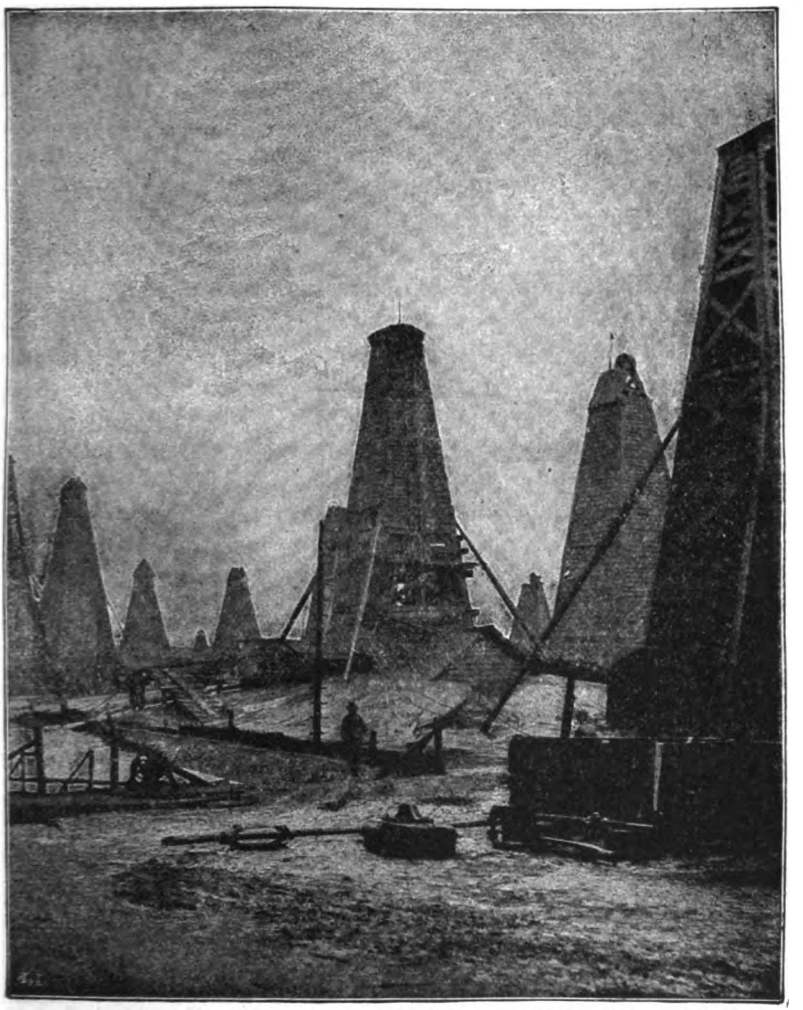
Aus diesen Vorrathsräumen gelangt die Naphta in die tiefer gelegene Destillation, welche 51 Destillirkessel von cylindrischer Form, jeder zu 1000 Pud[1]) Destillationsfüllung, besitzt. Diese Kessel sind in drei ununterbrochen arbeitende Batterien zu je 17 Kessel vertheilt.

Die letzten 8 Kessel jeder Batterie sind mit Dephlegmationsvorrichtungen versehen. Die hohe Temperatur der ununterbrochen abfließenden Destillationsrückstände wird in dazu geeigneten Vorwärmern benützt, um das Erdöl für die Destillation

[1]) 1 Pud = 16·38 kg.

Digitized by Google

entsprechend vorzuwärmen, ehe es in den ersten Kessel gelangt. Bei dem sogenannten mittleren Gange liefert die Destillation pro Tag 50.000 Pud Kerosindestillat, welche Menge bei vollem Betriebe auf 60.000 Pud gesteigert werden kann. Das erforderliche Kühlwasserquantum wird von zwei kolossalen Centrifugalpumpen mit



Gruppe von Bohrthürmen in Kalachani (Transkaukasien)

14zölligen Leitungsrohren dem Kaspischen Meere entnommen. Von der ganzen Destillation ist nur der Empfangsraum für das Destillat unter Dach und Fach. Die Säure- und Laugenmischer, Wasch- und Klärbassins der Reinigungsabtheilung sind ebenfalls alle unter freiem Himmel aufgestellt. Die auf hohen Fundamenten montirten Säuremischer und die an der Basis der Fundamente aufgestellten Laugen-

Digitized by Google

mischer besitzen solche Größenverhältnisse, daß sie 12.000 bis 20.000 Pud Destillat zu fassen vermögen; die Mischung erfolgt durch comprimirte Luft. Aus der Raffinerie, welche durch die Säurefabrik und eine breite Straße von der Kerosindestillation getrennt ist, wird das fertige Petroleum in große, 100.000 bis 200.000 Pud fassende Reservoirs gepumpt, die ebenfalls auf dem Rücken des vorerwähnten Höhenzuges aufgestellt sind, aus denen es durch weite Rohrleitungen zur Verladung in die Tankdampfer gelangt. Die Ladung eines solchen Dampfers von 40.000 Pud Raumgehalt erfordert einen Zeitraum von 6 Stunden. Die Ladung zu Neufuß, der Umladestation der Seedampfer in die Wolgabarken, dauert wieder 6 bis 8 Stunden, nach welcher Zeit das Schiff sofort seine Rückfahrt antritt und auf diese Weise während einer Navigationsdauer von Ende März bis Mitte October 40 bis 50 Touren macht.

An die Kerosindestillation, von dieser durch einen breiten Hof getrennt, reiht sich die Schmieröldestillation, welche 17 ebenfalls für ununterbrochenen Betrieb eingerichtete Kessel besitzt, welche durch ein von der Hauptleitung für heiße Residuen der Kerosindestillation abzweigendes Nebenrohr gespeist werden. Die neben der directen Feuerung noch mit überhitztem Dampfe betriebenen Destillationsapparate unterscheiden sich von den Kerosinkesseln durch complicirte Dephlegmationsvorrichtungen und mittelst Wasserstrahlpumpen im Inneren derselben erzeugten Minderdruck. Die anfänglich vielfach bestrittene Möglichkeit, bei der Destillation der Naphtareſiduen und Schmieröle den ununterbrochenen Betrieb ohne Gefahr für die Güte der Destillate einschlagen zu können, hat sich durch den erzielten Erfolg vollständig bewährt. Die Reinigungsapparate für die Schmieröldestillate, in der Größe von 3000 Pud Füllung, sind in einem kolossalen, terrassenförmig angelegten, nur aus Stein und Eisen bestehenden Gebäude untergebracht.

Das systematisch durchdachte, den gesammelten Erfahrungen gemäß jetzt als vollendet zu betrachtende Werk wird in musterhafter Sauberkeit und Ordnung erhalten und verdankt dem ununterbrochenen Betriebe, bei dem eine Abtheilung der anderen in die Hand arbeitet, den großen Vortheil, mit einer verhältnismäßig geringen Arbeiterzahl einen großartigen ungestörten Betrieb zu erhalten. So betrug beispielsweise im Jahre 1897 die Zahl der auf den Werken thätigen Arbeiter (ausschließlich der in den mechanischen Werkstätten und bei der Flotte beschäftigten) nur 319, während eine andere Fabrik bei einer Production, welche nur den vierten Theil der Nobel'schen erreichte, 542 Mann beschäftigte.

Daß die Direction dieses großartigen Unternehmens kein Opfer scheut, ihren Beamten und Arbeitern die durchaus nicht angenehmen Lebensverhältnisse von Tschorni-Gorod nach Möglichkeit zu erleichtern, bedarf wohl kaum einer besonderen Erwähnung. Für die Meister, Arbeiter und Unterbeamten und deren Familien sind reichliche und gesunde Wohnungen hergerichtet, Schule, Krankenhaus, Sparcasse u. s. w. fehlen nicht. Der größte Theil der höheren Beamten ist in schönen Wohnungen der großartig angelegten „Villa Petrolea" untergebracht, deren großes, parkartig angelegtes Terrain mit Wolgawasser bewässert wird, welches die Kerosin-

Digitized by Google

und Oeldampfer als Ballast von Neufuß nach Baku führen. Dank dieser Einrichtung, bei deren Anlage durch besondere Pumpen, Reservoirs, Rohrleitungen u. s. w. große Geldopfer erforderlich waren, ist die „Villa Petrolea" jetzt eine lachende Oase in der sie umgebenden schwarz verräucherten Wüste . . . .

Ueber die Entstehung des Erdöles war man lange Zeit hindurch nicht ins Klare gekommen, und verschiedene Theorien, die größere oder geringere Wahrscheinlichkeit für sich hatten, wurden ausgedacht, um die Bildung dieses so merkwürdigen und wichtigen Naturproductes zu erklären. So nahmen einzelne Forscher an, das Erdöl stehe mit den Kohlenflötzen in einem ursächlichen Zusammenhange, und sei aus diesen durch trockene Destillation, möglicherweise durch Erdbrände verursacht, hervorgegangen. Damit steht aber das Vorkommen des Erdöles direct in Widerspruch. Wäre nämlich diese Anschauung richtig, so müßte es sich als Begleiter von Kohlenflötzen finden, oder es müßte doch der Nachweis erbracht werden können, daß früher an den betreffenden Stellen Kohlenflötze bestanden. Das Erdöl tritt jedoch, hauptsächlich in Amerika, in solchen Schichten auf, welche unter der Kohlenformation liegen, also älter sind als diese, und an vielen Punkten der Erde, an welchen sich ausgedehnte Erdöllager finden, ist Kohle überhaupt nicht vorhanden oder je vorhanden gewesen.

Man versuchte auch die Entstehung des Erdöles auf einen rein chemischen Proceß, auf eine natürliche Synthese zurückzuführen, und der geistvolle Forscher Mendelejeff vertheidigte die Möglichkeit der Entstehung des Erdöles aus Wasser und Kohlenstoffeisen. Nach seiner Ansicht sollte das Wasser, welches durch Spalten eindrang, in Berührung mit dem feurigen Erdkerne in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt werden, wobei dann der Wasserstoff sich mit dem Kohlenstoffe des Kohlenstoffeisens zu Kohlenwasserstoff verbunden hat. Abgesehen von anderen triftigen Gründen rein chemischer Natur spricht gegen diese Anschauung auch der bloße Vernunftsgrund, daß es schwer erklärlich wäre, wie das Wasser überhaupt bis zu dem flüssigen Magma des Erdinneren vordringen konnte, ohne früher schon in Dampf verwandelt zu werden und zu entweichen.

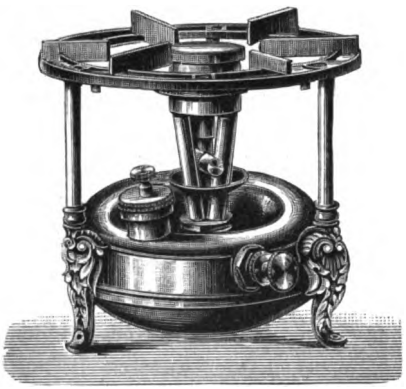
Auch die Berthelot'sche Hypothese, nach welcher das Erdöl durch die Einwirkung im Erdinneren befindlicher Alkalimetalle auf Kohlensäureverbindungen entstanden sein sollte, hat nicht vermocht, den begründeten Einwendungen Stand zu halten, und erst den Arbeiten eines deutschen Forschers, Professor Engler, war es vorbehalten, Licht in diese Sache zu bringen, und die Bildung des Erdöles aus Stoffen animalischen Ursprunges experimentell nachzuweisen.

Durch das Vorkommen und die Entstehung des Erdöles an der Küste des Rothen Meeres war man schon zu der Anschauung gelangt, daß man es hier mit einem Producte animalischen Ursprunges zu thun habe. Diese Küste besteht zum großen Theile aus mächtigen Korallenriffen, welche auf der Landseite abgestorben sind, die Polypen, welchen sie ihre Entstehung verdanken, bauen aber auf der vom Meere bespülten Seite emsig weiter. Jeder Korallenfels bildet ein poröses, löcheriges Material, und in diesen Löchern scheidet sich fortwährend Erdöl

Digitized by Google

ab. Die Eingeborenen machen sich dieses Vorkommen zunutze, indem sie Brunnen graben und das sich in diesen ansammelnde Erdöl durch Ausschöpfen gewinnen. Es lag also die Vermuthung nahe, daß sich hier das Erdöl aus den abgestorbenen Korallenthieren, unter dem Obwalten besonders günstiger Umstände dauernd bildet, und daß auch andere Meeresbewohner, wie Muscheln, Krebsthiere u. s. w. nach ihrem Ende durch Zersetzung Erdöl bilden können.

Professor Engler ging nun in der Weise zu Werke, daß er eine größere Menge von Fischen und Muscheln bei einem Drucke von 16 Atmosphären der trockenen Destillation unterwarf, doch zeigte das erhaltene Product nicht die Eigenschaften des Erdöles; dagegen erhielt er ein Gemisch von Kohlenwasserstoffen, welches große Aehnlichkeit mit dem Erdöle besaß, als er unter dem gleichen hohen Drucke Thran und Fette destillirte. Daraus ließ sich nun der Schluß ziehen, daß zunächst die stickstoffhaltige Substanz der todten Seethiere zerstört wird, worauf das hinterbleibende Fett gewisse Umwandlungen erfährt, welche schließlich zur Bildung von Kohlenwasserstoffen führen.



Petroleumofen.

Der Einwand, welcher ursprünglich gegen diese Theorie erhoben wurde, daß es nämlich schwer vorstellbar sei, wie sich solche gewaltige Mengen von Seethieren an einem Orte ansammeln können, um die bedeutenden Mengen Erdöl zu erzeugen, die oft nur ein einziges Bohrloch liefert, ist wohl nicht stichhältig. Man denke doch nur an den Ursprung der Kreidefelsen und der Korallenriffe, der einzig und allein auf thierische Lebewesen zurückzuführen ist. Und es läßt sich auch leicht begreifen, daß ganze Meere mit ihren zahllosen Lebewesen durch irgend einen äußeren Einfluß austrockneten, wobei der Salzgehalt fortwährend stieg, bis endlich die gesammte Fauna in der concentrirten Salzlösung zugrunde gehen mußte. Dieses Meergrab wurde dann von Schlamm überdeckt, und aus dem Fette der Cadaver bildete sich unter entsprechender Temperatur und Druck das Erdöl, das wir heute in unseren Lampen brennen.

Die Anwendung, welche die einzelnen Producte der technischen Verwerthung des rohen Erdöles erfahren, ist eine sehr vielseitige, und auf einzelne Verwendungsarten haben wir schon hingewiesen. Wenn wir jedoch von der Verwendung des Benzins und der ihm ähnlichen Producte als Lösungsmittel für Fette absehen, und die Benzin- oder Petroleummotoren als eine höchst geniale und glückliche Erfindung bezeichnen, deren Zeit aber erst kommen wird, so sehen wir, daß die wichtigsten aus dem Erdöle dargestellten Producte Leuchtmaterialien sind. Auch zu Heizzwecken wird das Petroleum schon längere Zeit verwendet, allerdings sind dazu eigens construirte Vorrichtungen erforderlich, die jedoch verschiedene Verbesserungen erfuhren und sich in vielen Fällen als sehr praktisch erwiesen.

Digitized by Google

Soll jedoch das Petroleum als Leuchtmaterial dienen, so muß es gewisse Eigenschaften besitzen, und vor allem: es darf nicht feuergefährlich sein. Die Feuergefährlichkeit wird, wie wir wissen, dadurch bedingt, daß schlechtes Petroleum noch größere Mengen solcher Antheile enthält, welche bei niederer Temperatur sich in Dampf verwandeln. Diese Dämpfe, welche sich über dem Petroleum ansammeln, sind dann die Ursache der Explosionen, welche leider alljährlich noch immer eine nicht unbedeutende Zahl von Opfern fordern. Allerdings müssen wir auch bemerken, daß ein guter Theil der durch Petroleumlampen verursachten Unglücksfälle einzig und allein auf den Leichtsinn und die Unachtsamkeit der Betroffenen zurückzuführen ist.

Um nun die Brauchbarkeit eines Petroleums als Leuchtmaterial schnell und sicher beurtheilen zu können, wurden besondere Apparate construirt, welche die rasche Ermittelung des Flammpunktes gestatten, und fast alle größeren Staaten haben Bestimmungen erlassen, mittelst welcher der Vertrieb feuergefährlichen Petroleums untersagt wurde. Unter dem Flammenpunkte haben wir jene Temperatur zu verstehen, bei welcher sich aus dem Petroleum eine solche Menge brennbarer Gase entwickelt, daß diese mit Luft ein explosibles Gemisch bilden; der Entzündungspunkt des raffinirten Petroleums, bei welchem dieses selbst zu brennen beginnt, liegt höher.

Abel's Petroleumprüfer.

Der gebräuchlichste Apparat zur Bestimmung des Flammpunktes wurde von Abel construirt. Er besteht aus einem Messinggefäße U, in welchem sich Wasser befindet, und welches durch den Deckel W verschlossen wird. Ein Thermometer $t_2$ taucht in das Wasser ein. In einer Oeffnung des Deckels hängt ein zweiter kleinerer Behälter B, welcher das zu prüfende Petroleum enthält, er ist ebenfalls durch einen Deckel verschlossen, durch welchen das Thermometer $t_1$ führt. Außerdem trägt dieser Deckel ein kleines Uhrwerk, welches durch Drehung des Knopfes K aufgezogen werden kann. Drückt man dann auf den Hebel h, so tritt dieses Uhrwerk in Function, es öffnet sich im Deckel ein kleiner Schieber und automatisch wird in die Oeffnung ein kleines brennendes Benzinlämpchen eingeführt, dann kehrt dieses in seine ursprüngliche Lage zurück, worauf sich der Schieber schließt. Durch eine Spirituslampe wird das im Gefäße U befindliche Wasser langsam erhitzt, man beobachtet das Thermometer $t_1$ und läßt

Digitized by Google

das Uhrwerk spielen, sobald das Thermometer um einen oder einen halben Grad gestiegen ist. Hat sich endlich eine genügende Menge brennbarer Gase angesammelt, so werden diese durch das Flämmchen entzündet, in diesem Momente vernimmt man ein eigenthümliches Geräusch und die Zündflamme wird nahezu doppelt so groß, häufig erlischt sie dann auch. Die Temperatur, bei welcher die Entzündung eintritt, heißt der Flammpunkt, welche in Deutschland im Minimum mit 21° C. festgesetzt wurde, während Oesterreich bedauerlicherweise noch einer solchen Verordnung entbehrt.

Wenn wir die große Zahl von Körpern überblicken, welche aus dem Rohpetroleum gewonnen werden können, und die ausgedehnte Anwendung derselben in den verschiedensten Gewerben in Betracht ziehen, kommen wir zu dem Schlusse, daß die Verwerthung und Verarbeitung des Erdöles einen fast ebenso großen Triumph der chemischen Wissenschaft bildet, wie jene der Verwerthung des Steinkohlentheeres, welche wir in einem späteren Abschnitte kennen lernen werden. Letzterer hatte früher noch eine Verwerthung für sich allein: die zur Darstellung der Farben; aber es sind auch Mittel und Wege gefunden worden, aus gewissen, bei der Destillation des Rohpetroleums gewinnbaren Körpern Farben darzustellen. Auch in der Seifenindustrie beginnen diese Kohlenwasserstoffe eine Rolle zu spielen. Dadurch ist aber der Verwerthung des Erdöles ein neues Gebiet eröffnet, das allerdings noch des Ausbaues und der Vervollkommnung harrt und dessen Entwickelungsfähigkeit wir heute noch nicht vollständig überblicken können, das aber voraussichtlich eine große Zukunft haben wird. — —

Zu den in der Natur fertig gebildeten Leucht- und Heizstoffen gehören auch die Gase, welche an manchen Orten der Erde dieser entströmen. So treten solche Gasquellen in der Nähe von Petroleumlagern auf, die Parsen verehren in der Nähe Bakus die „heiligen Feuer", welche nichts anderes sind als solche Gase, die der Erde entströmen und, einmal in Brand gesetzt, nun schon Jahrhunderte hindurch fortbrennen. In allen diesen Fällen haben wir es also mit natürlichen Gasvorkommen zu thun, die jedoch, wie zahlreiche Beispiele lehren, auch in technischer Beziehung eine hohe Bedeutung erlangen können.

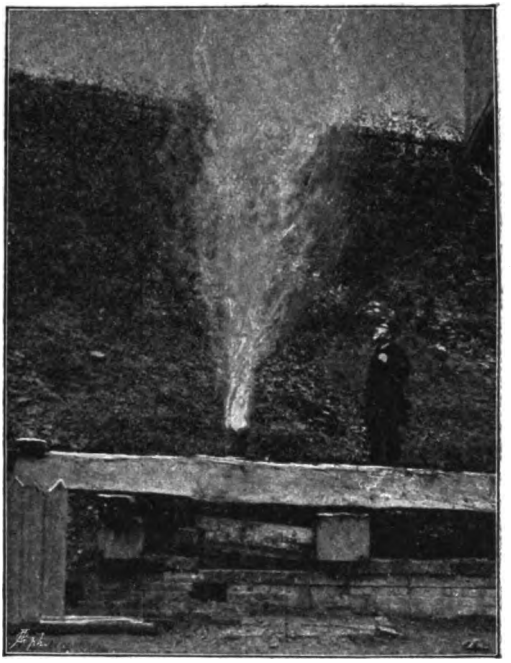
Die erwähnten kaukasischen Erdgase enthalten bis über 90% Methan (Sumpfgas), der Rest besteht aus anderen Kohlenwasserstoffen, denen nur geringe Mengen Kohlenoxyd, Wasserstoff und Stickstoff beigemengt sind es sind also fast ausschließlich ausgezeichnet brennbare Gase, die zwar nur eine sehr wenig leuchtende, jedoch sehr heiße Flamme liefern.

Aehnliche, jedoch ihrer Menge nach belanglosere Gasvorkommen wurden in Italien, Rumänien, Galizien, im Elsaß und auch in China beobachtet, die jüngste Entdeckung dieser Art wurde zu Waldron, in der englischen Grafschaft Sussex gemacht, doch ist es noch zweifelhaft, ob dort das Erdgas in solchen Mengen wird gewonnen werden können, daß man an eine industrielle Verwerthung denken kann.

Die großartigsten Vorkommen von Erdgasen besitzt oder besaß jedoch Nord-Amerika. Als man im Jahre 1821 in Chautauqua County im Staate New-York

Digitized by Google

einen Brunnen bohrte, erhielt man an Stelle des Wassers einen mächtigen Gasstrom, der zur Beleuchtung des Dorfes Fredonia benützt wurde. Später entdeckte man dann mächtige natürliche Gasvorräthe in Ohio, West-Pennsylvanien (besonders in der Umgebung von Pittsburg), im Alleghanydistricte im Staate New-York, bei Indianopolis und Cincinnati. Das Gas wird dort ganz ähnlich wie das Erdöl gewonnen: man treibt ein Bohrloch in den Boden bis in die gasführende, aus sehr poröſem Gesteine bestehende Schicht, versieht das Bohrloch, welches in der Regel mit einem Stahlrohre ausgekleidet wird, mit einem entsprechenden Verschlusse und setzt an diesem die Ableitungsröhre an. Einzelne dieser Brunnen lieferten bis zu 320.000 $m^3$ pro Tag, doch ist die Ergiebigkeit durchaus nicht immer die gleiche, vielmehr ist sie von der Tageszeit und besonders vom Barometerstande abhängig, so daß bei sinkendem Luftdrucke eine größere Gasmenge entweicht.



Eine brennende Quelle natürlichen Gases. (Waldron, England.)

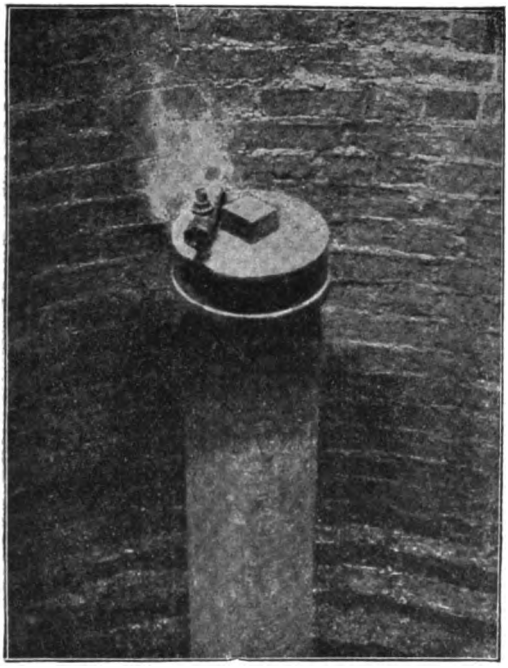
Das aus diesen Brunnen kommende Gas, von denen einzelne Jahrzehnte hindurch unausgesetzt im Betriebe waren, wurde zu industriellen Zwecken verwendet, und man kann sich von der Ergiebigkeit, sowie von der Bedeutung dieser Gasbrunnen eine Vorstellung machen, wenn man bedenkt, daß im Jahre 1887 das in den Vereinigten Staaten consumirte Erdgas die bedeutende Menge von 9,870.000 t Steinkohle ersetzt hat. Und dabei geht noch viel mehr Gas verloren, als thatsächlich dem Consum zugeführt wird.

Als die großen Gasfelder in den Staaten Ohio und Pennsylvanien erschöpft waren, wurde das ausgedehnte Gasfeld in Indiana entdeckt; dies hatte zur Folge, daß zahlreiche Fabriken, welche das Erdgas als Brennmaterial verwendeten, von Ohio nach Indiana verlegt wurden. Man verband dieses Gasfeld durch Rohrleitungen mit Chicago und allen bedeutenden Fabriksorten des Staates, die Nachfrage nach dem Gase wurde natürlich binnen kurzer Zeit eine sehr große, so daß bald das gesammte Gasfeld in Anspruch genommen wurde. Doch auch hier beginnen sich schon die ersten Anzeichen der Erschöpfung bemerkbar zu machen, der Druck, unter welchem das Gas dem Boden entströmt, nimmt rasch ab und sehr oft tritt schon das vollständige Versiegen von Gasquellen ein. Man wurde sparsamer, doch

Digitized by Google

waren schon zahlreiche Fabriken gezwungen, wieder zur Steinkohlenfeuerung zurückzukehren.

Diese Gase bestehen ebenfalls der Hauptsache nach aus Sumpfgas, ihre Leuchtkraft ist etwa halb so groß, wie die des Steinkohlengases, doch ist der Heizwerth um etwa ein Drittel größer. Um das Gas auch zu Beleuchtungszwecken geeignet zu machen, wird es „carburirt", d. h. man mischt es mit kohlenstoffreichen Gasen, gewöhnlich mit den Dämpfen von Gasolin oder Benzin. Ursprünglich machte der gewaltige Druck, mit dem diese Gase ausströmen, Schwierigkeiten, doch wurden in der Folge Gasdruckregulatoren construirt, welche nicht nur den Gasdruck auf das zweckentsprechende Maß herabsetzen, sondern auch die unvermeidlichen Verluste wesentlich verringern. Diese Verluste waren früher sehr bedeutend, man hat berechnet, daß in der kurzen Zeit von nur vier Jahren Erdgas im Werthe von 82 Millionen Mark nutzlos verloren ging.



Ableitungsrohr für Erdgas.

Dieses Erdgas dient aber nicht nur zur Erzeugung von Licht und Wärme, sondern auch von Kälte. Wie erwähnt, steht es unter bedeutendem Drucke und es ist ein altes physikalisches Gesetz, daß sich Gase beim Zusammendrücken bedeutend erwärmen, bei der Ausdehnung aber sehr stark abkühlen, oder Wärme binden. Man läßt also diese hochgespannten Gase, deren Druck oft über 20 Atmosphären beträgt, zunächst in eine Eismaschine treten, wo bei ihrer Ausdehnung so viel Wärme gebunden wird, daß das den Expansionscylinder umgebende Wasser gefriert, erst dann wird dieses Gas zu den Verbrauchsstellen geleitet.

Eine nicht zu unterschätzende Bedeutung hat die Verwendung des Erdgases aber auch dadurch erlangt, daß es die Industriellen, wie auch die privaten Consumenten mit den Vorzügen der Gasfeuerung vertraut machte und der Verwendung des fabriksmäßig hergestellten Steinkohlengases zu Heizzwecken die Wege ebnete. — —

Wir wenden uns nun der Darstellung eines anderen Leucht- und Heizstoffes zu, nämlich der Fabrikation des Leuchtgases.

Wird Steinkohle der trockenen Destillation unterworfen, also bei Luftabschluß erhitzt, so entwickelt sich ein brennbares Gas, welches im gereinigten Zustande als

Digitized by Google

UNIVERSITY OF CALIFORNIA



„Leuchtgas" Verwendung findet. Der Proceß der Darstellung des Leuchtgases ist jedoch durchaus nicht so einfacher Natur, wie man nach dieser knappen Definition vielleicht glauben könnte, vielmehr war großer Scharfsinn und eine Summe von Erfahrungen nöthig, die Fabrikation des Leuchtgases auf jene Stufe zu heben, welche sie heute einnimmt. Andererseits ist aber die Gewinnung des Leuchtgases und die Verarbeitung der verschiedenen, sich dabei ergebenden Nebenproducte eines der interessantesten Gebiete der chemischen Technologie, so daß es wohl verlohnt, sich näher damit zu befassen.

Die Möglichkeit, durch Erhitzen der Steinkohle aus dieser ein brennbares Gas abzuscheiden, hatte schon Becher im Jahre 1680 erkannt, er nannte dieses Gas „philosophisches Gas" und das Licht, welches es verbreitete, wenn es angezündet wurde, „philosophisches Licht". Ueber die Natur und Entstehung dieses Gases vermochte er sich jedoch keinen Aufschluß zu geben, ebenso wenig, wie er geahnt haben mag, welch gewaltige Industrie dereinst noch aus seiner Entdeckung, die übrigens in Vergessenheit gerieth, hervorgehen werde.

Fast 60 Jahre nach ihm machte Clayton die gleiche Wahrnehmung, es wurde ihr jedoch ebenfalls keine Bedeutung beigemessen, selbst als Lord Dundonald zu Culroß Abbey 1786 das aus Coaksöfen entweichende Gas zur Beleuchtung seines Landhauses verwendete und im gleichen Jahre Professor Pickel in Würzburg sein Laboratorium mit Gas erleuchtete, welches durch trockene Destillation von Knochenfett erhalten worden war. Die praktische Anwendung des Leuchtgases in größerem Maßstabe geschah zuerst durch den Schotten William Murdoch, welcher 1792 sein Haus mit Gas beleuchtete und dann 1798 die berühmte Maschinenfabrik von Bulton und Watts in Soho bei Birmingham mit Gasbeleuchtung versah. In der Folgezeit führte er die Gasbeleuchtung noch in verschiedenen anderen industriellen Etablissements ein und seinem Schüler Clegg gebührt das Verdienst, die zur Erzeugung des Steinkohlengases dienenden Apparate und Vorrichtungen auf eine hohe Stufe der Vollkommenheit gebracht zu haben.

In Amerika hatte Henfrey schon im Jahre 1801 einen großen Saal zu Baltimore mit Gas erhellt, die praktischen Amerikaner sahen sofort die großen Vorzüge des neuen Leuchtstoffes ein und von da ab verbreitete sich in Amerika das Leuchtgas sehr rasch, während es in Europa noch eine gute Weile währte, ehe es sich allgemein das Bürgerrecht erworben hatte.

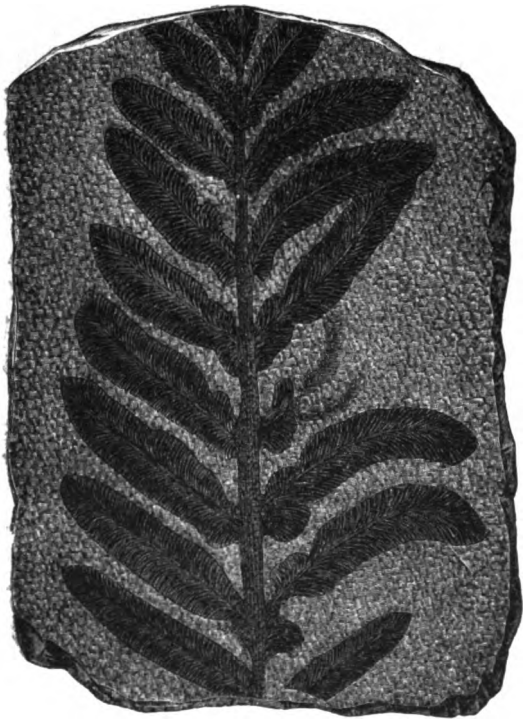
In Europa wurde das Leuchtgas erst durch die Thätigkeit Winzer's, aus Znaim in Mähren gebürtig, allgemeiner bekannt, er gründete im Jahre 1806 in London eine Actiengesellschaft, beleuchtete 1807 eine Seite der Pall Mall zu London mit Gas, associirte sich mit Clegg und 1814 hatte er den Erfolg, London, 1815 Paris mit Gas beleuchtet zu sehen.

In Deutschland wurde die erste Gasbeleuchtung durch Lampadius im Jahre 1811 zum erstenmale vorgeführt, der einen Theil der Stadt Freiberg, 1816 die dort befindlichen Amalgamirwerke mit Gas beleuchtete. In Wien machte

Digitized by Google

Prechtl 1817 und 1818 ähnliche Versuche, jedoch ohne das Interesse des großen Publicums erwecken zu können.

Erst englische Gesellschaften richteten mit englischem Gelde in Deutschland und Oesterreich die Gasbeleuchtung allgemein ein, so die Imperial-Continental-Gasassociation 1825 in Hannover, 1826 in Berlin, zwei Jahre später folgten Dresden und Frankfurt a. M., 1833 Wien und 1838 Leipzig. Und heute noch besorgen englische Gesellschaften die Versorgung zahlreicher großer Städte mit Gas.



Pflanzenabdruck aus der Steinkohlenformation. (Familie Odontopteris.) Saarbrücken.

Das wichtigste Rohmaterial für die Leuchtgasbereitung ist die Steinkohle, und um die sich bei der trockenen Destillation derselben abspielenden Vorgänge zu verstehen, ist es wohl am Platze, die Entstehung der Steinkohle kurz zu besprechen.

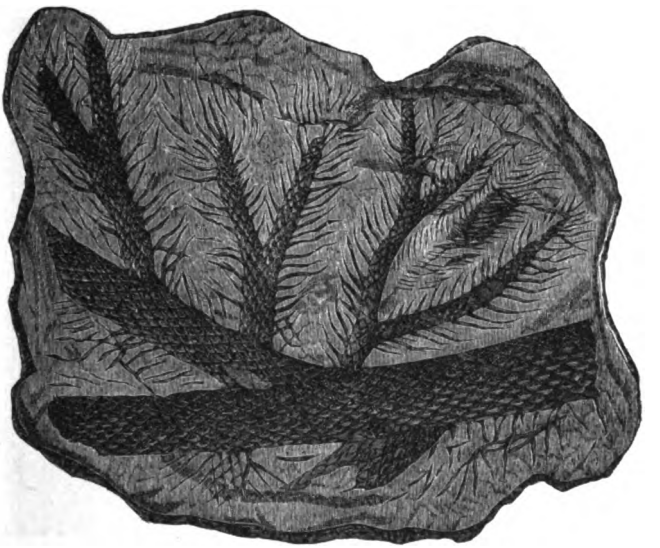
Die Steinkohle ist der Ueberrest längst vergangener Schöpfungsperioden und wir sehen es dem schwarzen, glänzenden Steine nicht an, daß er pflanzlichen Ursprunges ist. Erst als man Methoden kennen lernte, die Steinkohle durch Behandlung mit verschiedenen chemischen Agentien aufzuschließen und ihren Zusammenhang zu lockern, war es möglich, durch das Mikroskop Aufschluß über ihre Natur zu erhalten. Dieses lehrte dann, daß sich baumartige Farne, Sigillarien, Lepidodendren und Calamiten an der Bildung der Steinkohle betheiligten, indem sie einem langsamen Verkohlungsprocesse bei ungenügendem Luftzutritte anheimfielen. Solche Veränderungen abgestorbener Pflanzensubstanz können wir heute noch an den Torfmoosen wahrnehmen. Zunächst zersetzt sich der stickstoffhaltige, in den Zellen enthaltene Saft, wodurch der Inhalt der Zellen eine braune Farbe annimmt. Dann kommen aber auch die beständigeren Verbindungen, die in der Pflanze enthalten sind, an die Reihe und zunächst tritt als Product dieser Veränderungen Sumpfgas auf, welches, wie wir wissen, aus Kohlenstoff und Wasserstoff besteht. Ferner wird auch Wasser abgespalten, wodurch die Pflanzensubstanz ärmer an Wasserstoff und Sauerstoff wird, weitere beträchtliche Mengen Sauerstoff entweichen in Form von Kohlensäure. Indem nun diese Veränderungen theils

Digitized by Google

nebeneinander, theils nacheinander immer weiter fortschreiten, wird der Gehalt der aus abgestorbenen Pflanzen bestehenden Masse an Kohlenstoff immer größer, der Gehalt an Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff dagegen geringer. Besonders deutlich sehen wir dies, wenn wir die Zusammensetzung von Holz, Torf, Braunkohle, Steinkohle und Anthracit miteinander vergleichen:

| | Kohlenstoff | Wasserstoff | Sauerstoff |
|---|---|---|---|
| Holz . . . . . | 50% | 6% | 44% |
| Torf . . . . . | 58% | 6% | 36% |
| Braunkohle . . . | 65% | 7% | 36% |
| Steinkohle . . . | 80% | 6% | 14% |
| Anthracit . . . . | 95% | 2% | 3% |

Diese Zahlen und andere Beobachtungen führen aber auch zu dem Schlusse, daß Torf, Braunkohle, Steinkohle, Anthracit und endlich Graphit, der nahezu reiner Kohlenstoff ist, nur die Glieder einer Kette sind, und daß sie alle aus Pflanzensubstanz hervorgingen, welche mit dem Fortschreiten des Carbonisirungsprocesses zunächst Torf, dann aber Braunkohle und endlich Steinkohle und Anthracit wurde.



Pflanzenabdruck aus der Steinkohlenformation. (Lepidodendron Grube.)

Der Umstand, daß man in vielen Kohlenflötzen aufrechtstehende, doch ebenfalls in Kohle umgewandelte Baumstämme fand, weist darauf hin, daß die ausgedehnten Kohlenfelder, welche heute abgebaut werden, aus den an Ort und Stelle gewachsenen Pflanzen hervorgegangen sind, welche abstarben und langsam dem Verkohlungsprocesse anheimfielen, während sich neben und aus ihnen schon wieder ein neues Geschlecht erhob. Dies währte tausende und wieder tausende von Jahren, während welcher Zeit die örtlichen Verhältnisse wiederholt einen Wechsel erfuhren. Es entstanden Seen, deren durch Flußzuläufe zugeführter Schlamm und Gerölle sich auf den vorhandenen Pflanzenresten ablagerte, der See floß ab, es entstand auf seinem Boden eine neue Vegetation und dies wiederholte sich oft und oft.

„Wir müssen uns die Kohlenfelder der Carbonzeit" — sagt Neumayr — „als weite flache Inlandsbecken vorstellen, welche im Laufe von Millionen von Jahren

Digitized by Google

vielfachem Wechsel äußerer Bedingungen ausgesetzt waren. In manchen Zeiträumen waren sie Seen, denen durch Zuflüsse Thon, Sand, Gerölle und Pflanzentheile zugeführt wurden; es bildeten sich Schieferthone, Sandsteine, Conglomerate, oft mit reicher Beimengung organischer Substanzen und mit den wohlerhaltenen Ver-

Fossiler Baumstamm in einem Kohlenflötz.

steinerungen von Landpflanzen. Später wurden die Zuflüsse spärlicher, oder das Becken wurde durch die Vertiefung seines Abflusses oder durch eine andere Ursache entwässert, es erwuchs auf seinem Boden eine Sumpfvegetation, deren absterbende Theile vertorften, es bildete sich ein Kohlenflötz. Späterhin entstand wieder ein See und so änderten sich die Verhältnisse immerfort, so daß in manchen Gegenden

Digitized by Google

Ideale Landschaft aus der Steinkohlenperiode.

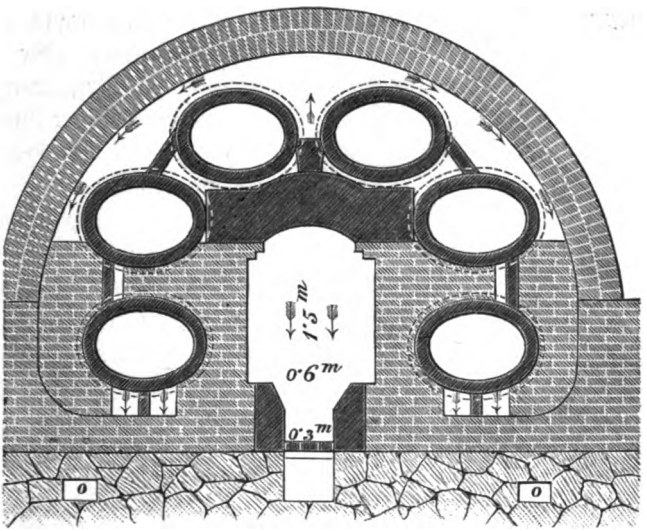
Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

Digitized by Google

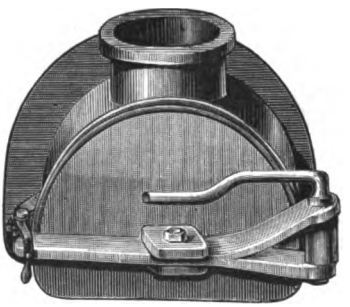
Hunderte von Flötzen und Flötzchen mit Zwischenlagern von Schiefern und Sandsteinen wechseln . . . . . "

Aus diesen Versteinerungen und Pflanzenabdrücken war man aber im Stande, jene Pflanzen zu reconstruiren, welche sich an der Bildung der Steinkohle vorzugsweise betheiligt hatten. Es waren dies baumartige Farne, Schachtelhalme und Coniferen, eigentliche Laubbäume mit verzweigten Aesten, überhaupt unserem herrlichen deutschen Laubwalde eigene Formen konnten jedoch nicht nachgewiesen werden.



Retortenofen mit sechs Retorten.

Der Anblick einer Landschaft zur Zeit der Steinkohlenperiode war also ein unserem Auge befremdlicher und wenn wir versuchen, aus den aufgefundenen Resten ein Bild zu construiren, so müssen wir zugeben, daß es sich durchaus nicht mit den Reizen der Waldungen der Jetztzeit zu messen vermag. Wohl war die Vegetation eine üppige, wohl erreichten einzelne Farne eine gewaltige Höhe, doch waren Nadelhölzer die am höchsten organisirten Formen der Vegetation und das grüne Blatt in seiner vielfachen Gestaltung, das dem Walde erst das eigentliche Gepräge verleiht, fehlte noch vollständig. Auch besaßen die Gewächse jener Zeit noch nicht die prächtig entwickelte und ausgebreitete Krone, die Stämme strebten vielmehr gerade empor und gabelten sich nur ein- oder mehreremale in ziemlich beträchtlicher Höhe über dem Boden, so daß solch eine Landschaft — nach unseren Begriffen wenigstens — einen recht trostlosen und monotonen Eindruck gemacht haben muß. — —


Mundstück einer Retorte.

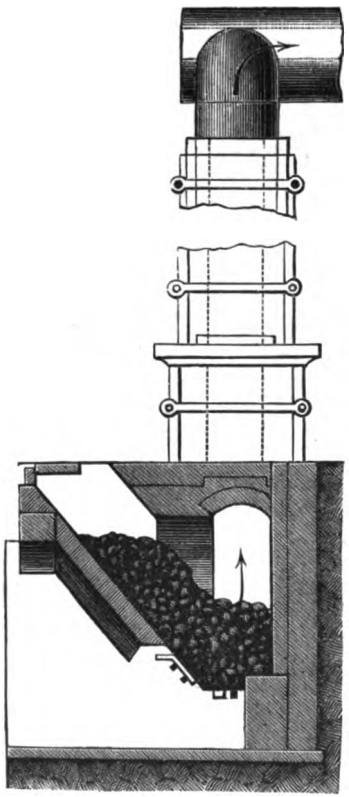
Die Erhitzung der Steinkohle zum Zwecke der Gewinnung von Leuchtgas wird in thönernen Retorten vorgenommen, welche in größerer Anzahl in einem gemeinsamen Ofen eingemauert sind, zur Feuerung dienen Generatorgase, welche aus den glühenden Coaks dargestellt werden, oder die Coaks selbst. Das eine Ende



Digitized by Google

der Retorte ist verschlossen, an dem anderen befindet sich eine Thür, welche zur Beschickung und Entleerung geöffnet werden kann.

Gegenüber der directen Heizung der Retorten, wie sie noch in älteren Gaswerken üblich ist, bietet die Feuerung mit Generatorgasen viele Vortheile. Die Generatoren liegen dann in dem Raume unterhalb der Retorten, in den Generatoren kann aus Brennmaterialien das Generatorgas erzeugt werden, welche sich ihrer Pulverform oder anderer Eigenschaften wegen zur directen Verfeuerung nicht eignen würden. Besonders vortheilhaft sind aber die Generatoren dann, wenn es sich um Hervorbringung hoher Temperaturen handelt.



Siemens'scher Generator.

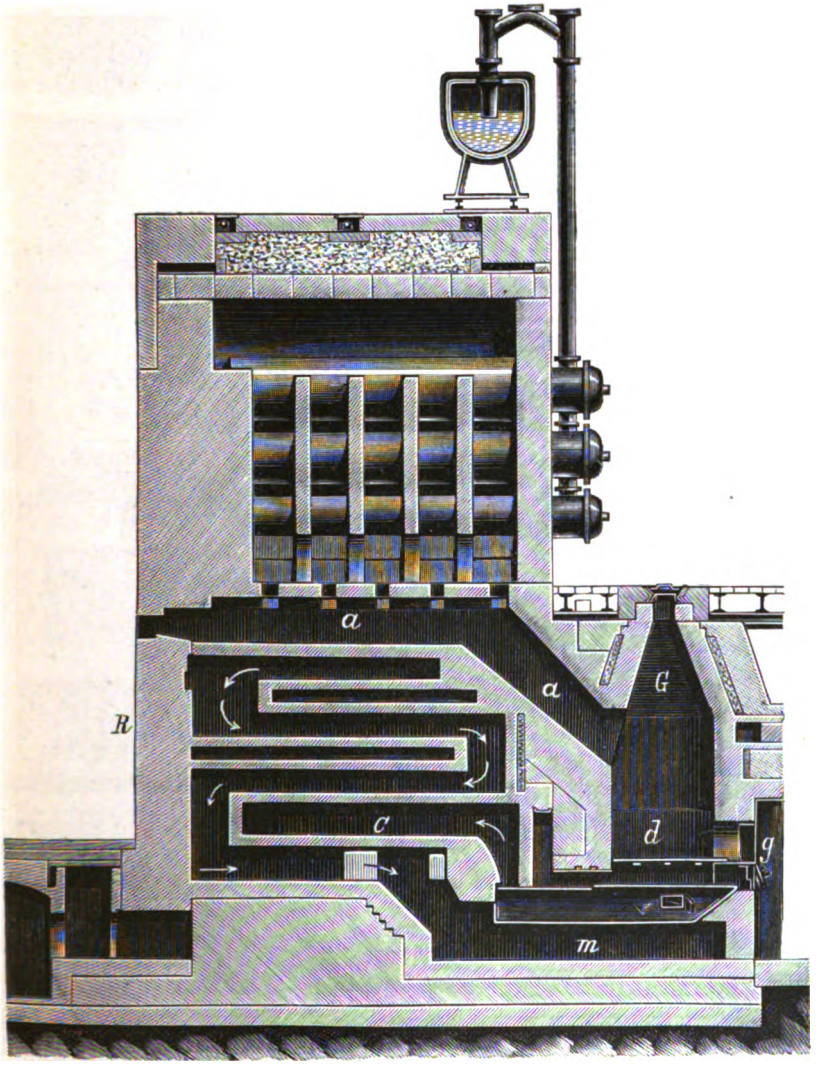
Das Princip der Generatoren beruht darauf, daß die Kohle nicht mit voller Flamme brennt, sondern nur glüht; auch hat die Luft nur zu dem unmittelbar auf dem Roste liegenden Brennmaterial Zutritt. Dieses verbrennt auch zu Kohlensäure. Während die Kohlensäure aber die höher liegenden glühenden Kohlenschichten durchstreicht, nimmt sie Kohlenstoff auf und geht in brennbares Kohlenoxyd über, welches, da kein Sauerstoff vorhanden ist, nicht verbrennen kann, sich mit den Destillationsproducten der frisch aufgeschütteten Kohle (Kohlenwasserstoffe) vermengt und zu der Verbrauchsstelle weitergeleitet wird. Hier wird das Generatorgas erst mit der zur Verbrennung erforderlichen Luftmenge vermischt und angezündet liefert es nun eine sehr hohe Temperatur.

Mit großem Erfolge hat man dieses Princip auch zur Heizung der Retorten verwendet und der Schilling-Bunte'sche Ofen, welchen die nachstehende Abbildung veranschaulicht, bedient sich desselben. Das Brennmaterial wird in den Generator G eingetragen, die Gase gelangen durch den Canal a nach den Verbrennungsschlitzen unterhalb der Retorten, werden hier mit Luft gemengt und verbrannt. Die Verbrennungsproducte müssen aber, bevor sie in den Kamin eintreten, noch die sogenannte Regeneration RC umspülen und an diese den größten Theil ihrer Wärme abgeben.

Durch die Regeneration wird aber sowohl die zum Betriebe des Generators als auch zur Verbrennung der Generatorgase nöthige Luft geleitet, wodurch sie eine sehr hohe Temperatur annimmt und eine bedeutend größere Hitze erzielt wird, wie wenn man sich zur Unterhaltung der Verbrennung kalter Luft bedient.

Digitized by Google

Das Beschicken — Laden — der Retorten ist eine sehr schwierige Operation, welche große Geschicklichkeit der damit betrauten Arbeiter erfordert. Sobald die Retorte geöffnet und der darin befindliche, entgaste Coaks ausgezogen wurde, wirft

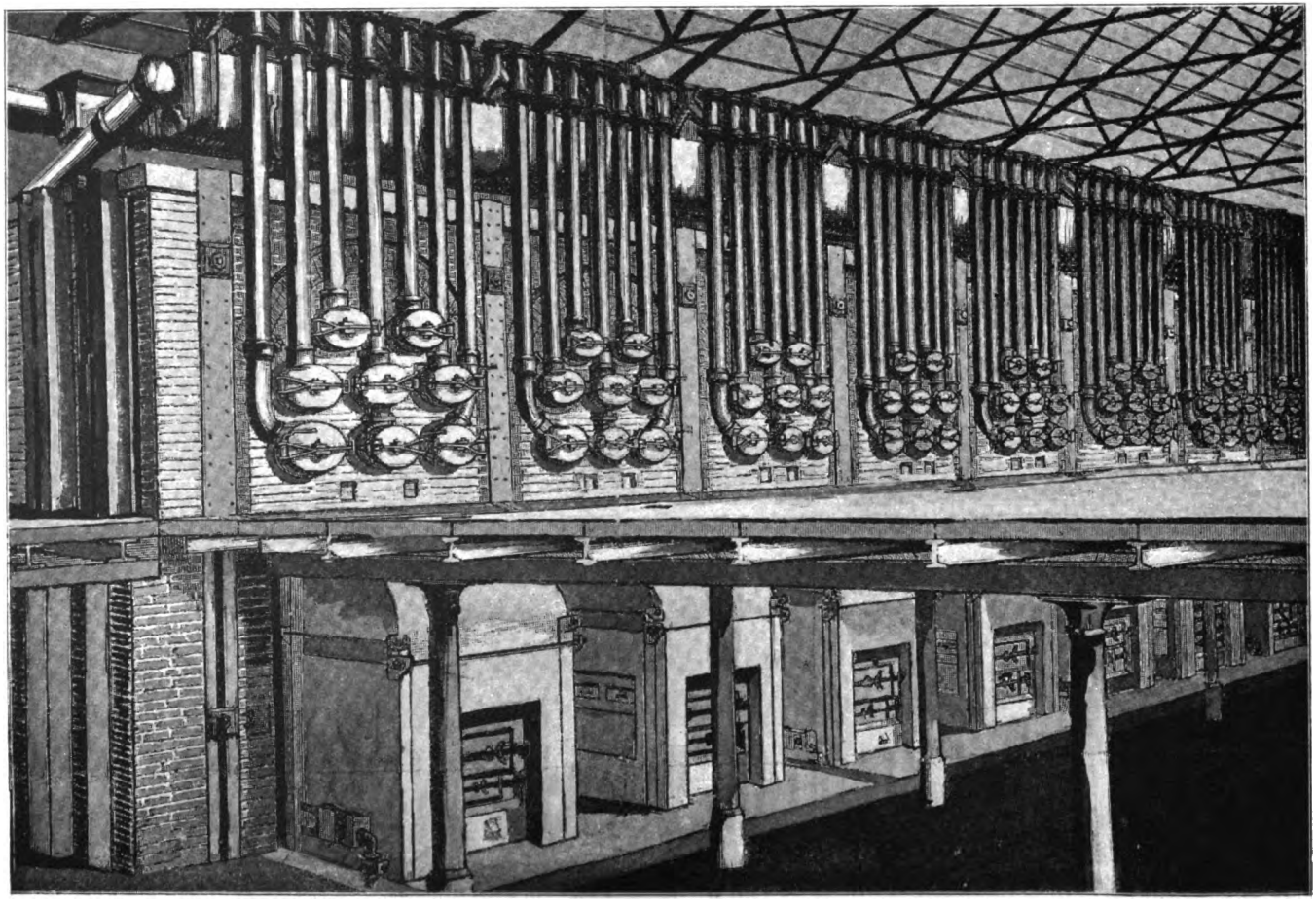



Längenschnitt durch einen Schilling-Bunte'schen Ofen mit Generatorenfeuerung.

der Arbeiter mit einer Schaufel die Kohle in die Retorte, dies hat rasch zu geschehen, damit die unvermeidlichen Gasverluste so gering wie möglich werden, andererseits muß aber die Kohle auch gleichmäßig über den Boden der Retorte vertheilt werden. Ist die Beschickung beendet, so wird rasch der Deckel aufgelegt



Digitized by Google



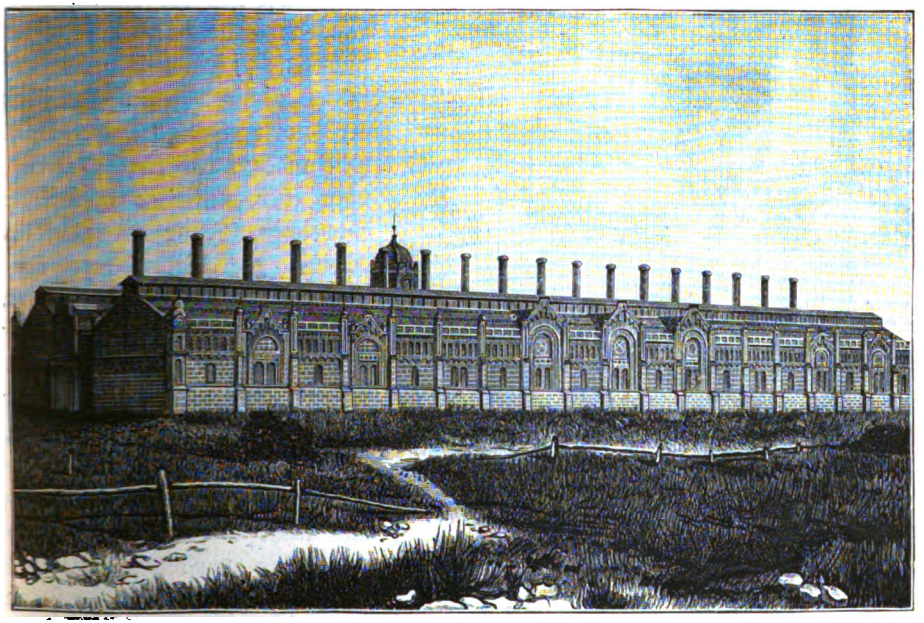
Retortenhaus eines Gaswerkes mit Generatorenfeuerung.

Digitized by Google

und verschlossen — bei den älteren Retortensystemen geschieht dies durch Dichtung mit Lehm — und nun beginnt die Gasentwickelung.

In größeren Gaswerken wäre die Beschickung der Retorten mit der Hand mit vielen Nachtheilen verbunden und man war daher bestrebt, dafür einen geeigneten Ersatz zu finden. Stehende Retorten, in welche ein die Charge enthaltender, oben offener Cylinder mit Hilfe mechanischer Vorrichtungen eingesenkt werden kann, haben sich nicht bewährt, dagegen wendet man in jüngster Zeit häufig die beiderseits offenen, beziehungsweise durch Deckel verschlossenen, schräge liegenden Retorten an.

Diese schrägeliegenden Retorten sind in den Ofen in solcher Weise eingesetzt, daß sie beiderseits vorstehen, die glühenden Coaks werden an dem tiefen Ende aus-



Das Retortenhaus der neuen Wiener städtischen Gaswerke.

gezogen und in einen Wagen fallen gelassen, die Charge wird am oberen Ende aus einem hängenden Fülltrichter eingeführt.

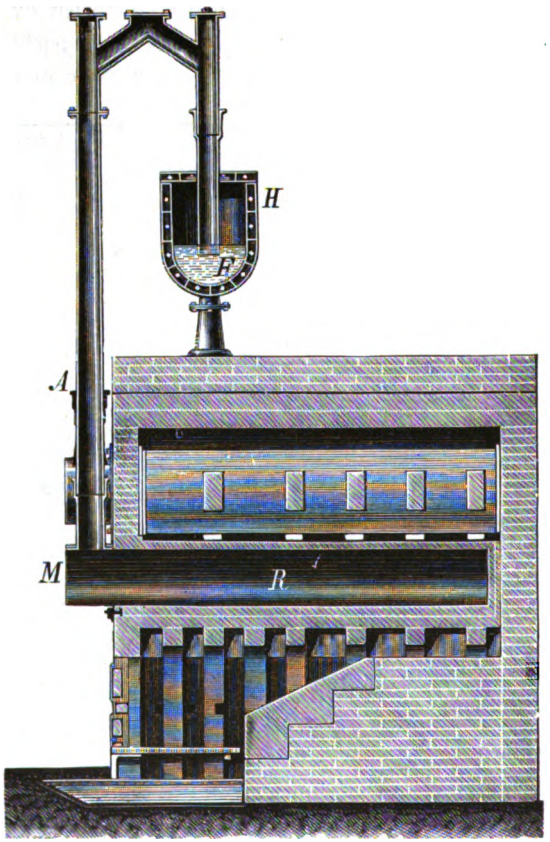
Sobald die frisch gefüllte Retorte verschlossen wurde, beginnt eine lebhafte Gasentwickelung aus der eingefüllten Kohle, die Gasentwickelung wird nach und nach schwächer und ist nach drei bis vier Stunden beendet. Das abdestillirende Gas ist jedoch durchaus kein reines Leuchtgas, sondern es muß durch verschiedene Vorrichtungen und Operationen zunächst von allen verunreinigenden Bestandtheilen befreit werden, ehe es den Consumenten zugeführt werden kann.

Zunächst tritt das aus der Retorte kommende Gas, in die sogenannte Hydraulik ein, wo sich der schwerer flüchtige Theil der Dämpfe verdichtet und durch heberförmige Röhren nach einem Behälter abfließt. In der Hydraulik wird das ein-

Digitized by Google

tretende Gas gezwungen, eine niedere Schicht Wasser, beziehungsweise Theer zu passiren, dadurch wird jede Retorte von der anderen „hydraulisch" abgesperrt und verhindert, daß bei der Beschickung einer Retorte das sich in den anderen entwickelnde Gas entweicht und verloren geht.

In der Hydraulik setzt das Gas zwar einen Theil des Theeres ab, doch muß es in besonderen Apparaten noch einer weiteren Reinigung unterworfen werden.




Hydraulik.
R Retorte, M Mundstück, A Steigrohr, H Hydraulik, F Wasser.

Schon bei dem Eintritte in die Hydraulik muß das Gas einen gewissen Widerstand überwinden und dieser Widerstand wird um so größer, je mehr Reinigungsapparate das Gas zu passiren hat; zu seiner Ueberwindung ist es nöthig, daß das Gas in der Retorte zusammengepreßt wird. Mit anderen Worten: es vermag nicht eher aus der Retorte zu entweichen, bevor es nicht eine gewisse, die Widerstände überwindende Spannung erlangt hat. Diese Spannung des Gases in der Retorte ist jedoch sowohl für die Ausbeute an Gas als auch für dessen Leuchtkraft höchst nachtheilig.

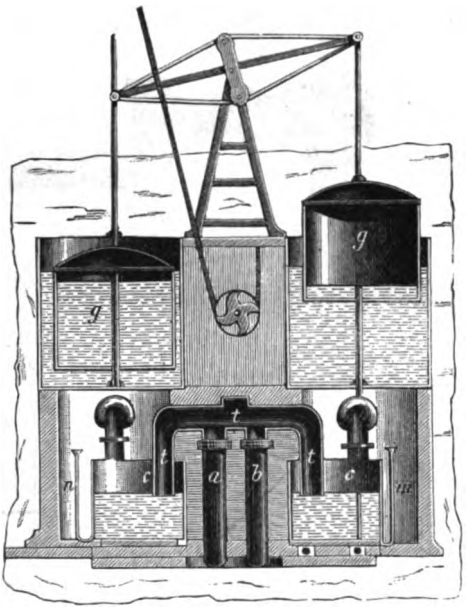
Die Wandungen der glühenden Retorte dürfen wir uns durchaus nicht als vollkommen undurchlässig vorstellen, sie sind vielmehr porös und gestatten immerhin einer kleinen Menge des Gases den Durchtritt, besonders wenn dieses einen etwas beträchtlicheren Druck auf die Retortenwandungen ausübt.

Ferner bleibt naturgemäß, wenn das Gas einen größeren Widerstand zu überwinden hat, es längere Zeit mit den glühenden Wandungen der Retorte in Berührung. Dadurch wird aber seine Zusammensetzung in ungünstiger Weise beeinflußt, indem gerade die kohlenstoffreicheren Gase, also jene, welche die Leuchtkraft bedingen, in Berührung mit den glühenden Wandungen in Sumpfgas und Retortenkohle zerfallen, wodurch ebenfalls die Ausbeute vermindert und die Qualität des Gases verschlechtert wird.

Digitized by Google

Um nun diese Uebelstände zu verringern, schaltet man nach der Hydraulik oder an einer anderen Stelle Vorrichtungen ein, deren Aufgabe es ist, den Druck in den Retorten auf das geringste erforderliche Maß herabzusetzen, diese „Exhaustoren" besitzen verschiedene Einrichtungen und sind theils Glocken-, theils Dampfstrahlexhaustoren.

Die einfachsten und leistungsfähigsten Exhaustoren sind die Dampfstrahlexhaustoren, ein solcher ist in der Abbildung auf Seite 136 dargestellt. Das Gas tritt von a in der Richtung des Pfeiles ein, strömt bei c, nachdem es das Schieberventil b passirt hat, in die horizontale Röhre d, in welcher, centrisch eingesetzt, sich die Dampfzuführungsröhre mit dem Schraubenventile f befindet. Der Dampf tritt durch das conische Mundstück bei i unter Druck aus und reißt das Gas gegen g hinüber, von wo es nach Condensation des Dampfes in den Reiniger eintritt. Von der Geschwindigkeit, mit welcher der Dampf bei i austritt, hängt die Stärke der saugenden und drückenden Wirkung des Dampfstrahlgebläses ab. Der Dampfzufluß wird automatisch durch das Drosselventil bei k geregelt. Der Hebel dieses Ventiles wird nämlich durch eine mittelst Wasser abgesperrte Glocke l bewegt, in welche durch die Nebenleitung m mehr oder weniger Gas eintritt, je nachdem der Druck vor der Einmündung c, also in der Hydraulik und der Retorte, größer oder kleiner ist. Steigt der Druck und tritt mehr Gas in die Glocke ein, so hebt sich diese und das Drosselventil wird mehr geöffnet, es strömt mehr Dampf zu, der Dampfstrahl saugt stärker, der Gasdruck sinkt. Ist der Druck kleiner geworden, so wird auch der Dampfzufluß vermindert. Wird durch Schließung des Schieberventiles b der Exhaustor ausgeschaltet, so entweicht das Gas durch eine Hilfsleitung, indem es das Ventil n passirt, direct in den Reiniger. Der Exhaustor kann jedoch auch an einer späteren Stelle eingeschaltet werden.



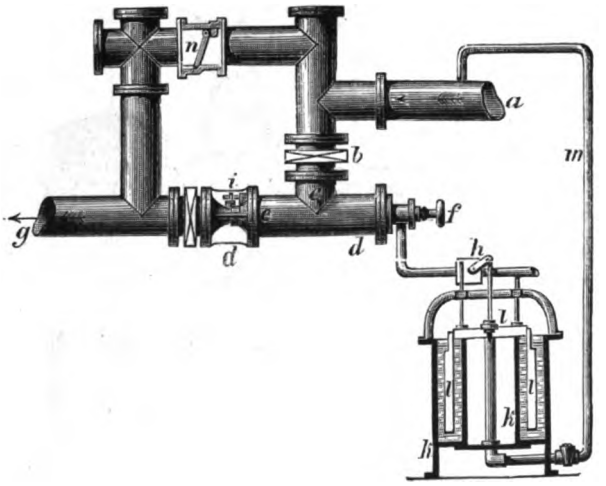

Glockenexhaustor.
G Glocken, a, b, c, t, Gaszu- und Ableitungsrohre.

Das die Hydraulik oder den Exhaustor verlassende Gas enthält jedoch noch immer Theerbestandtheile, welche noch nicht Gelegenheit fanden, sich zu condensiren. Man leitet deshalb das Gas durch ein System aufrechtstehender langer Rohre, in welchen das Gas abgekühlt wird und der Theer sich verdichtet. Man ordnet diese Röhren im Freien an, um eine raschere Abkühlung herbeizuführen. In größeren

Digitized by Google

Gaswerken und dort, wo die Luftkühlung zu viel Raum beanspruchen würde, wendet man auch Wasserkühlungen an; der sich verdichtende Theer fließt nach der Theergrube ab.

Doch selbst nach Passirung der Luftkühlung enthält das Gas noch condensirbare Antheile, welche ihm durch Waschen mit Wasser entzogen werden. Diesem Zwecke dienen die sogenannten „Scrubber". Es sind dies aufrechtstehende, eiserne Behälter, welche mit Coaks oder Ziegelsteintrümmern gefüllt sind; mittelst einer rotirenden Brause wird Wasser zufließen gelassen, welches die Coaksstücke benetzt, sich auf ihrer großen Oberfläche vertheilt und abwärts fließt. Das zu reinigende Gas wird durch ein am Boden des Scrubbers einmündendes Rohr zugeführt, es sucht sich seinen Weg zwischen den Coaksstücken und gelangt dabei mit dem herabrieselnden Wasser in innige Berührung. Hat es einen Scrubber, der allseits vollkommen geschlossen ist, passirt, so gelangt es durch ein zweites Rohr nach einer zweiten, ganz gleichen Vorrichtung, die das Gas abermals von unten nach oben durchstreicht um hier von den letzten condensirbaren Antheilen, von mitgerissenem Theere, Schwefelammonium und zum Theile auch vom Schwefelwasserstoff befreit zu werden.



Dampfstrahlexhaustor.

Damit ist die Reinigung des Leuchtgases aber noch durchaus nicht beendet und während die Reinigung in der Hydraulik, den Condensatoren und den Scrubbern nur auf rein mechanischen Vorgängen beruht, muß es nun noch einer chemischen Reinigung, welche die Bindung zahlreicher gasförmiger Stoffe bezweckt, unterworfen werden.

Bevor wir jedoch diese chemische Reinigung besprechen, wollen wir uns eine Uebersicht über all die zahlreichen Producte verschaffen, die bei der trockenen Destillation der Steinkohle entstehen.

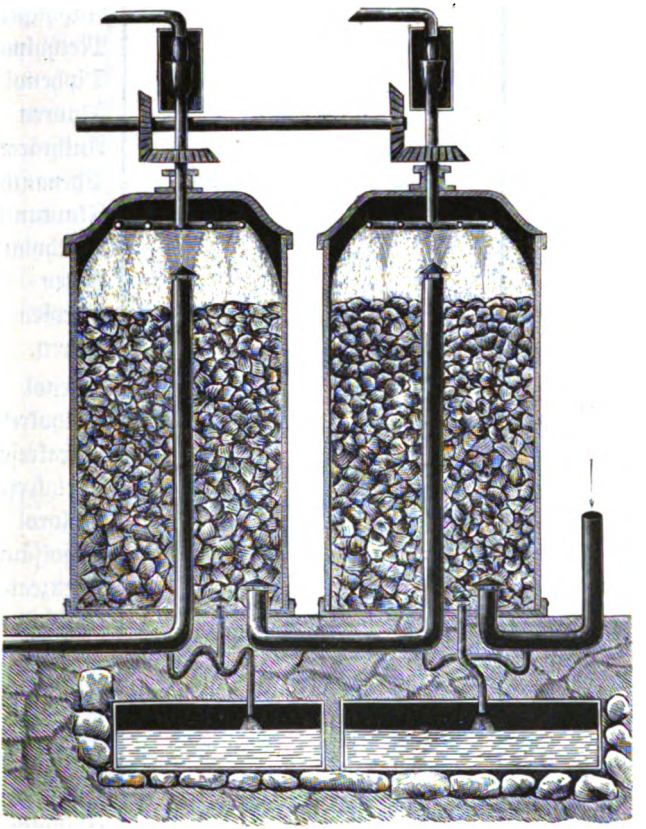
Das Ammoniak- oder Gaswasser ist jener Theil der Destillationsproducte, welcher sich mit Wasser in jedem Verhältnisse mischen läßt, also selbst wässeriger Natur ist; der Theer dagegen besitzt das Aussehen und die Consistenz eines schwarzen Oeles und ist mit Wasser nicht mischbar. Doch ist auch der Theer kein einheitlicher Stoff, sondern ein Gemenge zahlreicher Körper, deren Gewinnung die Aufgabe solcher Fabriken ist, die sich mit der Verarbeitung des Theeres befassen.

Digitized by Google

Als Bestandtheile des eigentlichen Leuchtgases haben wir Dämpfe und Gase zu unterscheiden, die Dämpfe verdichten sich schon bei einer geringen Abkühlung zu Flüssigkeiten oder festen Körpern, während die Gase auch bei niederer Temperatur gasförmig bleiben. Wichtiger ist jedoch die Unterscheidung der gasförmigen Antheile in Lichtträger und Lichtgeber. Während die Lichtgeber mit hellleuchtender Flamme verbrennen, entwickeln die Lichtträger bei der Verbrennung eine hohe Temperatur, aber geringe Lichtintensität. Außerdem sind noch verunreinigende gasförmige Stoffe, Stickstoff und Sauerstoff, schwefelhaltige Kohlenstoffverbindungen u. s. w. vorhanden.

Als Coaks bezeichnet man endlich den kohligen Rückstand, welcher nach beendigter Destillation in den Retorten hinterbleibt, er enthält 90 bis 95% Kohlenstoff und 10 bis 5% Schwefeleisen und Asche, und ist demnach ein treffliches Heizmaterial.

Aus folgender Uebersicht ist die Zusammensetzung der einzelnen Producte der trockenen Destillation der Steinkohle zu ersehen.



Scrubber.

1. Coaks { Kohlenstoff, Schwefeleisen, Asche.

2. Ammoniak- oder Gaswasser { Hauptbestandtheile { Kohlensaures Ammon, Schwefelammon. Accessorische Bestandtheile { Chlorammon, Cyanammonium, Schwefelcyanammonium.

Digitized by Google

3. Theer
- Flüssige Kohlenwasserstoffe
  - Benzol
  - Toluol
  - Xylol
  - Pseudocumol
  - Mesitylem
  - Cymol
- Feste Kohlenwasserstoffe
  - Naphtalin
  - Methylnaphtalin
  - Diphenyl
  - Fluoren
  - Anthracen
  - Phenanthren
  - Fluoranthen
  - Methylanthracen
  - Reten
  - Chrysen
  - Pyren
- Phenole und deren Aether
  - Phenol
  - Orthokresol
  - Parakresol
  - Metakresol
  - Phlorol
  - Rosolsäure
  - Brenzcatechin
  - Kreosot
- Basen
  - Pyridin
  - Anilin
  - Picolin
  - Lutidin
  - Collidin
  - Chinolin
  - Iridolin
  - Kryptidin
  - Acrydin
  - Coridin
  - Rubidin
  - Viridin

Asphalt bildende Bestandtheile
- Anthracen
- Brandharze
- Kohle

Digitized by Google

- 4. Leuchtgas
  - Leuchtende Bestandtheile oder Lichtgeber
    - Gase
      - Acetylen
      - Aethylen
      - Propylen
      - Butylen
      - Allylen
      - Crotonylen
      - Teren
    - Dämpfe
      - Benzol
      - Styrolen
      - Naphtalin
      - Methylnaphtalin
      - Fluoren
      - Fluoranthen
  - Brennbare, aber nicht leuchtende Bestandtheile oder Lichtträger
    - Wasserstoff
    - Sumpfgas
    - Kohlenoxyd
  - Verunreinigende Bestandtheile
    - Kohlensäure
    - Ammoniak
    - Cyan
    - Cyanmethyl
    - Schwefelwasserstoff
    - Schwefelhaltige Kohlenwasserstoffe
    - Schwefelkohlenstoff
    - Kohlenoxysulfid
    - Stickstoff.

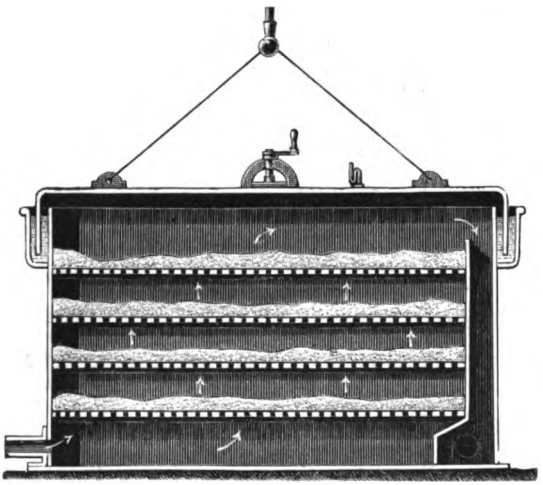
Wenn das Leuchtgas die Scrubber verläßt, ist es zwar schon vom Theere und dem größten Theile der Schwefelverbindungen befreit, es enthält jedoch immer noch eine reichliche Menge solcher Stoffe, welche entfernt werden müssen, um es als Leuchtgas verwenden zu können. Zu diesen Beimengungen gehören in erster Linie alle Schwefelverbindungen, welche beim Brennen des Gases in schweflige Säure übergehen und die Luft verschlechtern würden. Außerdem ist dem Gase auch Kohlensäure beigemengt, die seine Leuchtkraft herabsetzen würde, endlich sind noch Cyanverbindungen vorhanden, die ebenfalls weggeschafft werden müssen.

Die Entfernung aller dieser Stoffe kann nur dadurch geschehen, daß man sie in unlösliche Verbindungen überführt. Ursprünglich verwendete man zu diesem Zwecke gelöschten Kalk, welcher in Kästen auf Hürden in flacher Schicht ausgebreitet wurde, das Leuchtgas mußte seinen Weg über und durch diese Hürden nehmen und kam dadurch mit dem Kalke in innige Berührung. Trifft mit solchem gelöschten Kalk Kohlensäure zusammen, so wird sie gebunden und es entsteht kohlensaurer Kalk, desgleichen wird Schwefelwasserstoff und Schwefelkohlenstoff

Digitized by Google

gebunden, wobei Schwefelverbindungen entstehen. Diese werden aber durch Kohlensäure wieder zerlegt und um daher eine vollständige Reinigung des Leuchtgas zu erzielen, war es nöthig sehr große Kalkmengen anzuwenden, um zunächst alle Kohlensäure zu binden und der Möglichkeit einer nachträglichen Zerlegung der Schwefelverbindungen aus dem Wege zu gehen.

Ein anderes Reinigungsverfahren des Leuchtgases besteht in der Anwendung eines Gemenges von gelöschtem Kalk mit Sägespänen, welches mit einer Lösung von Eisenvitriol getränkt ist. Läßt man diese Laming'sche Gasreinigungsmasse an der Luft liegen, so verwandelt sich das Eisenoxydul des Eisenvitriols (schwefelsaures Eisenoxydul) in Eisenoxyd, während die Schwefelsäure sich mit dem Kalk zu schwefelsaurem Kalk (Gips) verbindet; die Kalkmenge wird so gewählt, daß ein reichlicher Ueberschuß verbleibt. Eine solche Masse vermag nun sowohl Schwefelverbindungen zu binden, wobei das Eisenoxyd in Schwefeleisen übergeht, als auch Kohlensäure aufzunehmen. Der Gips hält das kohlensaure Ammon zurück, indem er sich mit diesem zu schwefelsaurem Ammon und kohlensaurem Kalk umsetzt.



Reiniger.

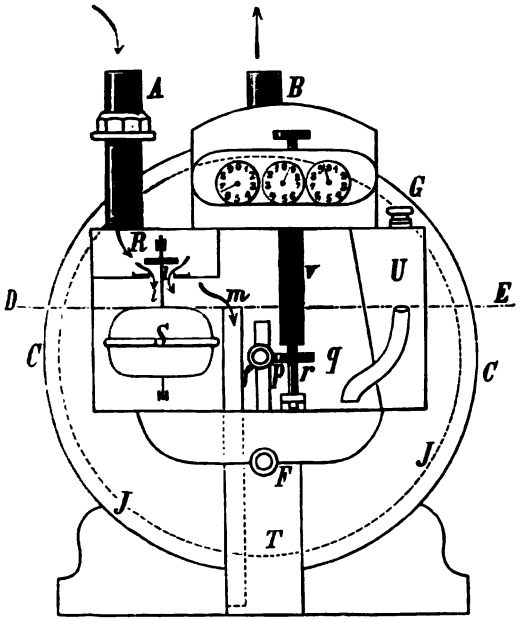
Die Reinigungsmasse verliert ihre Wirksamkeit, sobald das Eisenoxyd aufgebraucht, in Schwefeleisen übergegangen ist. Um sie zu regeneriren genügt es jedoch, sie einige Tage unter wiederholtem Umschaufeln an der Luft liegen zu lassen. Der Sauerstoff der Luft wirkt dann oxydirend auf das Schwefeleisen ein, wobei dieses wieder in Eisenoxyd übergeht und der Schwefel als solcher abgeschieden wird. Die Masse ist nun neuerdings zum Gebrauche fertig und diese Wiederbelebung kann so oft wiederholt werden, bis die Masse durch abgesetzten Theer und durch den ausgeschiedenen Schwefel unwirksam geworden ist. Dann ist sie aber noch durchaus nicht werthlos, vielmehr ist sie sehr reich an Cyanverbindungen und diese werden aus ihr im Großen gewonnen, wovon noch in dem Abschnitte über die Gewinnung der Cyanverbindungen die Rede sein wird.

In neuerer Zeit werden vielfach Reinigungsmassen verwendet, welche nur aus Eisenhydroxyd bestehen, auch diese können durch Liegenlassen an der Luft regenerirt werden. Die Regenerirung geschieht auch hier nur durch die Einwirkung des Luftsauerstoffes und um die Kosten der Regenerirung, das Entleeren der Reinigungsapparate, das Umschaufeln und neuerliche Einfüllen der Masse zu ersparen, griff man zu dem Auskunftsmittel, dem zu reinigenden Leuchtgase selbst

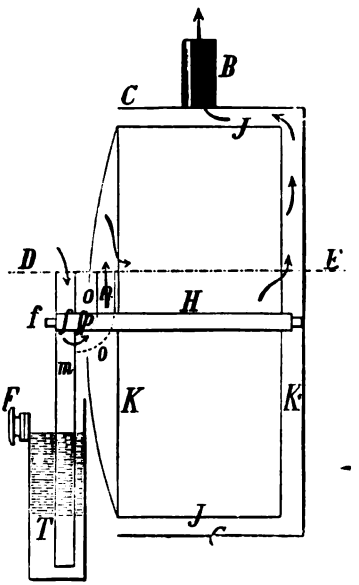
Digitized by Google

$^1/_2\%$ Sauerstoff zuzusetzen. Die Regenerirung vollzieht sich dann innerhalb des Reinigers glatt und prompt und die Reinigungsmasse spielt nur die Rolle eines Sauerstoffüberträgers, welcher den Schwefelwasserstoff unter Bildung von Wasser und Schwefel zerlegt. Dieses Verfahren ist auch dort anwendbar, wo ausschließlich Kalk zur Reinigung verwendet wird und erfreut sich besonders in England ausgedehnter Anwendung, wo man weitaus größeres Gewicht auf ein schwefelwasserstofffreies Gas legt, wie auf dem Festlande.

Schließlich wollen wir noch das Ammoniakreinigungsverfahren von Claus erwähnen. Es besteht darin, daß das zu reinigende Gas mehrere Scrubber




Schnitt durch eine Gasuhr.




Schnitt durch die Trommel einer Gasuhr.

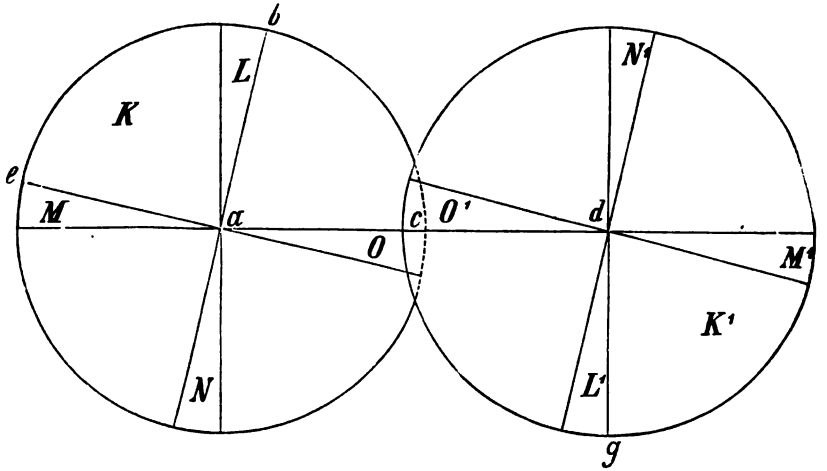
passiren muß, in denen es mit Ammoniak, welches man in der Gasfabrik aus dem Gaswasser gewinnt, in innige Berührung gebracht wird. Das Ammoniak bindet Kohlensäure, Schwefelwasserstoff, Schwefelammon und Cyanverbindungen. Ist es schließlich gesättigt und an der Grenze seiner Aufnahmsfähigkeit für diese Stoffe angelangt, so wird es durch ein geeignetes Verfahren wiedergewonnen, während die genannten Verbindungen als theilweise sehr werthvolle Nebenproducte erhalten werden.

Die Reiniger bestehen aus allseits geschlossenen, eisernen Kasten, in welchen die Reinigungsmasse auf übereinander liegenden Hürden in einer 10 bis 15 cm hohen Schicht ausgebreitet ist. Das Gas strömt unten ein, durchstreicht die Masse und wird durch ein oberhalb der obersten Hürde angebrachtes Rohr abgeleitet

Digitized by Google

Die schweren Deckel dieser Reiniger können mittelst Flaschenzügen abgehoben werden, der gasdichte Abschluß wird mit Hilfe des sogenannten „hydraulischen Verschlusses" erzielt. Zu dessen Herstellung ruht der Deckel in einer den oberen Rand des Reinigers umgebenden, mit Wasser gefüllten Rinne, das Wasser verhindert dann den Austritt des Gases.

Das gereinigte Leuchtgas passirt nun den Stationsgasmesser, dessen Aufgabe es ist, die Menge des erzeugten Gases festzustellen. Diese Feststellung ist nicht nur deshalb von Wichtigkeit, um die Ausbeute an Leuchtgas zu ermitteln, sondern auch um vorkommende Undichtigkeiten der Straßenleitungen zu erkennen. Da nämlich die von jedem Consumenten verbrauchte Gasmenge durch Messung ermittelt wird, muß die Anzeige aller dieser kleinen Gasmesser annähernd mit den Angaben des




Schnitt durch die Trommel einer Gasuhr.

Stationsgasmessers übereinstimmen. Eine vollkommene Uebereinstimmung ist wohl nie zu erzielen, da es nicht möglich ist, alle Leitungen wirklich gasdicht herzustellen, immer finden an den Verbindungsstellen der Rohre, an Abzweigungen und Absperrventilen geringe Verluste statt, diese Verluste dürfen jedoch einen gewissen, von dem Zustande des Rohrnetzes abhängigen Procentsatz nicht überschreiten.

Die Stationsgasmesser besitzen die gleiche Einrichtung wie die kleinen Gasuhren, welche in den Wohnungen der Consumenten aufgestellt sind, es genügt daher, wenn wir die Einrichtungen der letzteren kennen lernen.

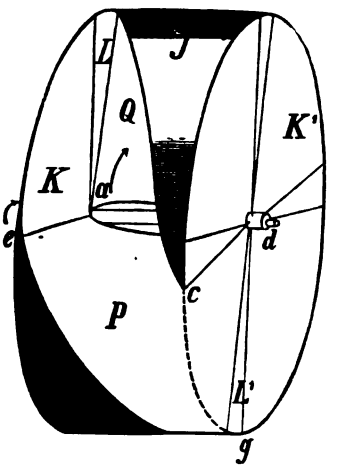
Jede Gasuhr besteht aus drei Bestandtheilen: dem Gehäuse, der Trommel und dem Zählwerke. Das Gehäuse, in der Abbildung auf Seite 141 durch den äußersten Kreis CC angegeben, ist ein Cylinder aus Eisenblech. An diesem Cylinder befindet sich vorne das Gaseinströmungsrohr A und oben in der Mitte das Gasausströmungsrohr B; ersteres Rohr wird mit dem Zuleitungsrohre, letzteres mit der Gasleitung, für welche die Uhr bestimmt ist, verbunden. Außerdem befinden

Digitized by Google

sich noch am Gehäuse die Oeffnungen mit Verschlußschrauben F und G. Die Oeffnung G dient zum Füllen der Gasuhr mit Wasser oder Glycerin, die Oeffnung F dient dazu, das richtige Niveau des Wassers oder des Glycerins (in der Abbildung durch die punktirte Linie DE angezeigt) beim Auffüllen herzustellen.

Die Trommel der Gasuhr, durch die drei folgenden Abbildungen dargestellt, ist ein an der Achse H befestigter Cylinder aus Britanniametall. Der Mantel dieses Cylinders ist vollständig geschlossen, während die beiden Böden K und $K^1$ je vier Schlitze besitzen, der Boden K die Schlitze L, M, N, O, der Boden $K^1$ die Schlitze $L^1$, $M^1$, $N^1$ und $O^1$. Durch die Schlitze L, M, N und O des vorderen Bodens tritt das Gas in die Trommel, durch die hinteren Schlitze tritt es wieder aus.

Der Innenraum der Trommel ist in vier gleich große Theile getheilt, welche die sogenannten Kammern der Trommel bilden. Jede dieser Kammern besitzt je einen Schlitz des vorderen und einen des rückwärtigen Boden. Diese beiden Schlitze liegen unter rechten Winkeln zur Achse der Trommel, jedoch in entgegengesetzter Richtung; geht also der vordere Schlitz von der Achse der Trommel nach oben, so läuft der hintere Schlitz nach abwärts. Um dies zu erreichen, sind die Scheidewände in einer Schraubenlinie angeordnet, das Gas tritt in den vorderen, nach oben gerichteten Schlitz ein und würde sofort durch den rückwärtigen, nach unten gerichteten austreten, wenn dieser nicht durch Wasser oder Glycerin abgesperrt wäre.

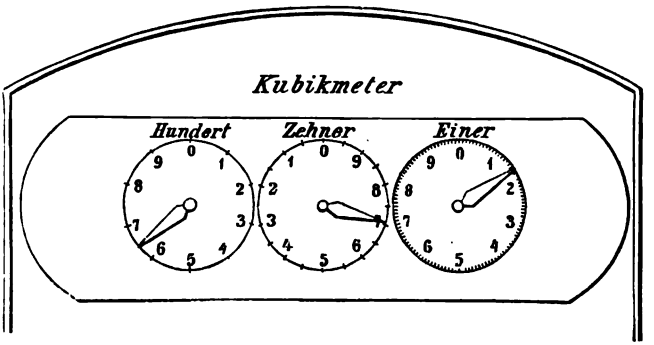


Die Trommel einer Gasuhr.

Mit Hilfe dieser Erklärung wird es nun leicht sein, den Gang der Gasuhr zu verstehen. Wir denken uns die Trommel in dem Gehäuse gelagert so, daß der Zapfen f in dem Lager f liegt. Der Mantel der Trommel wird durch den punktirten Kreis J bezeichnet. Das Gehäuse ist bis zu der Linie DE mit Wasser gefüllt, daher liegt der untere Theil der Trommel in der Sperrflüssigkeit, der obere Theil dagegen ragt aus dieser heraus. Das Gas wird also durch den Schlitz L eintreten, durch den Schlitz $L^1$ aber vorläufig nicht austreten können. Das eintretende Gas übt nun einen Druck sowohl auf die Scheidewand O als auch auf das Wasser aus. Dieses kann nun nicht verdrängt werden, dagegen ist die Trommel leicht drehbar und wird diesem Drucke nachgeben. Das Gas wird nun in diese Kammer so lange ungehindert eintreten und die Trommel drehen, bis der Schlitz L in die Lage des Schlitzes O gelangt, worauf er in die Sperrflüssigkeit taucht. Mittlerweile ist aber der Schlitz L' in die Lage des Schlitzes O' gekommen, er taucht aus der Sperrflüssigkeit auf und nun kann das Gas durch diesen Schlitz entweichen. Es tritt in den von Wasser nicht erfüllten Raum zwischen Gehäuse

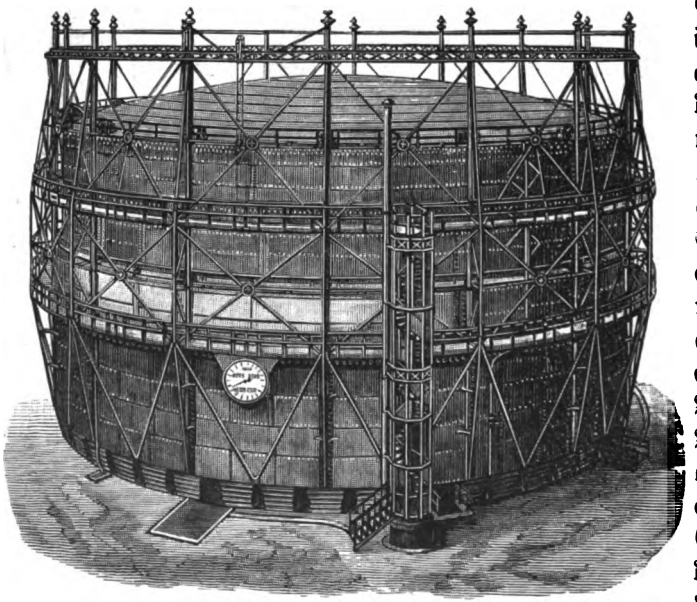
Digitized by Google

und Trommel und gelangt von hier aus in das Rohr B, welches es der Leitung zuführt.




Das Zifferblatt einer Gasuhr.

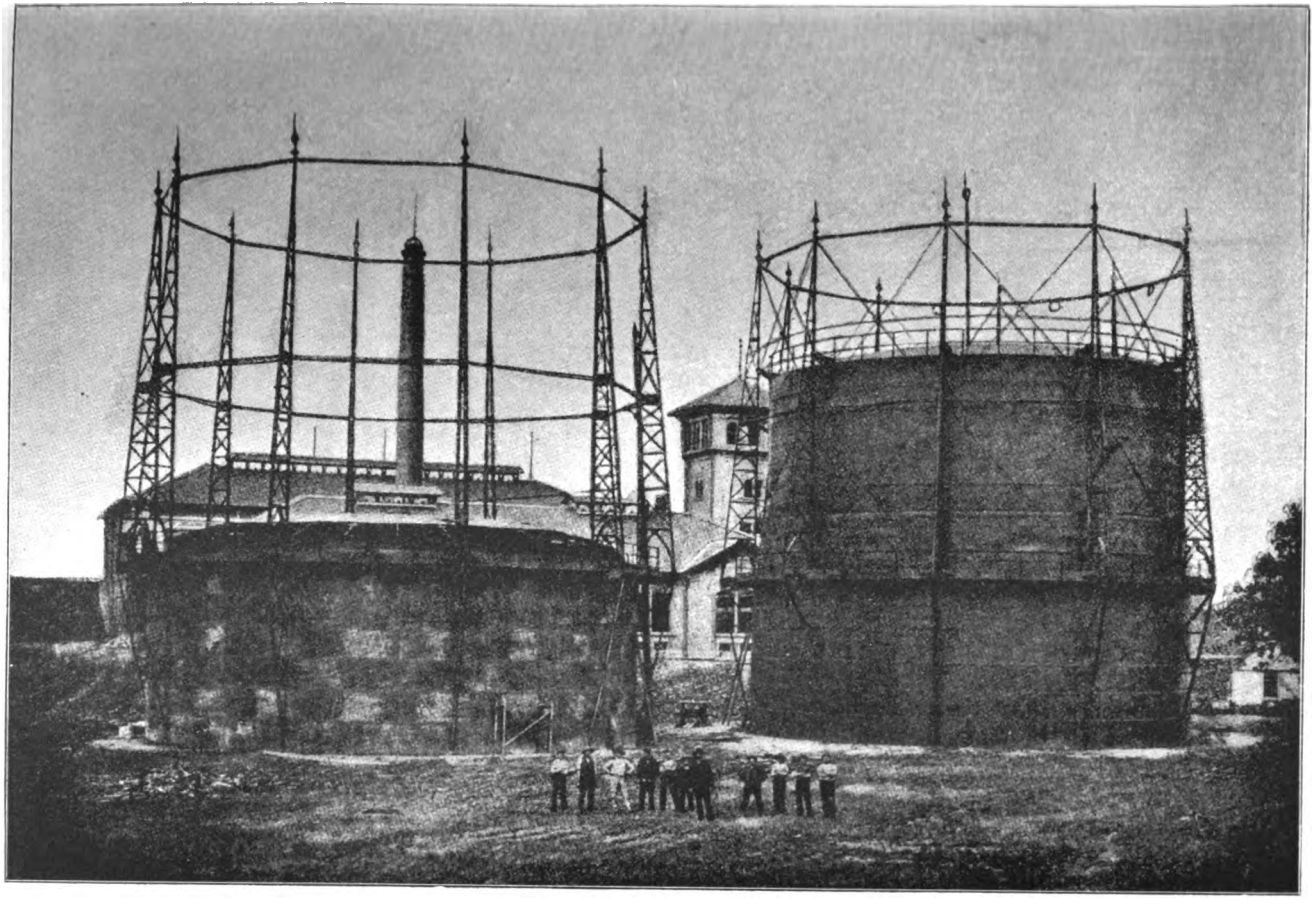
Die einzelnen Kammern sind voneinander theils durch die Sperrflüssigkeit, theils durch die Scheidewände vollständig abgeschlossen und jede Kammer vermag eine bestimmte Menge Gas aufzunehmen. Da nun aber eine Kammer sich erst dann zu entleeren anfängt, wenn sie ganz gefüllt ist, dann aber auch Gas nicht mehr zutreten kann, wird auf diese Weise das Gas gemessen. Auch kann eine Unterbrechung der Drehung der Trommel nicht eintreten, da, wenn eine Kammer noch nicht ganz gefüllt ist, schon die nächste sich zu füllen beginnt.



Teleskop-Gasbehälter.

Das Zählwerk der Gasuhr wird dadurch in Gang gesetzt, daß an dem vorderen Ende der Achse H der Trommel eine Schraube ohne Ende p angebracht ist. Diese Schraube greift in ein horizontales Zahnrad q, welches sich am unteren Ende einer aufrechtstehenden Welle r befindet. Diese Welle, welche an ihrem oberen Ende ebenfalls eine Schraube ohne Ende trägt, reicht mit dieser letzteren in das Räderwerk des Zählapparates und setzt dieses in Betrieb. An den Zifferblättern kann dann das durch die Uhr gegangene Gasquantum abgelesen werden.

Digitized by Google



Teleskop-Gasbehälter. (Fassungsraum je 4000 Cubikmeter.)
Construirt von H. Klönne in Dortmund.

Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

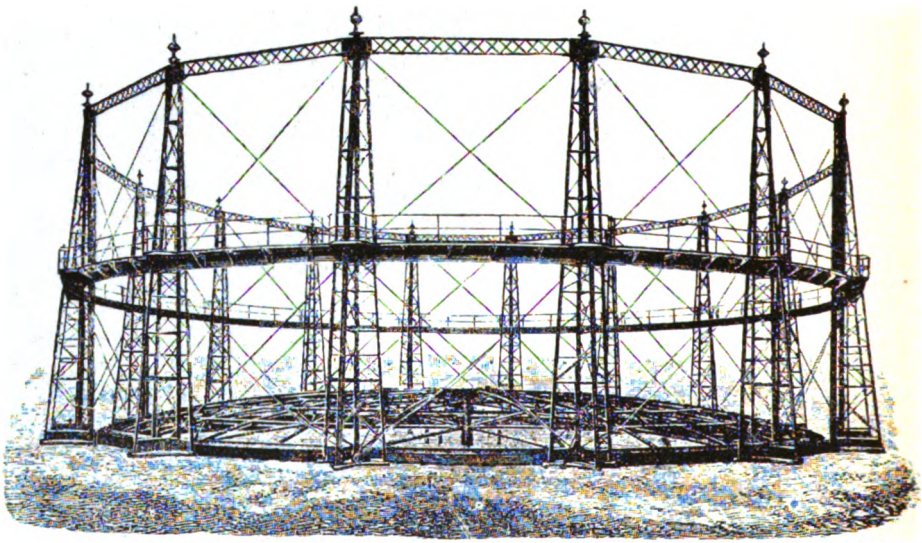
Digitized by Google

Die Gasbehälter der neuen Wiener städtischen Gaswerke.



Digitized by Google

Nach Passirung des Stationsgasmessers wird das Gas nach dem Gasbehälter, fälschlich meist „Gasometer" geheißen, geleitet. Diese Gasbehälter sind große, oben geschlossene, unten offene Glocken aus Eisenblech, welche in einem mit Wasser gefüllten Behälter stehen, beim tiefsten Stande reicht das Wasser in der Glocke bis nahe zu deren Decke. Leitet man nun Gas unter die Glocke, so hebt es die Glocke empor, Führungsrollen, welche an Ständern gleiten, verhindern das Umkippen derselben. Ist endlich die Glocke gefüllt, so daß ihr unterer Rand nur mehr etwa 20 cm in Wasser taucht, so wird das Gaszuleitungsrohr abgesperrt; öffnet man nun das Ventil des Ableitungsrohres, so wird durch dieses



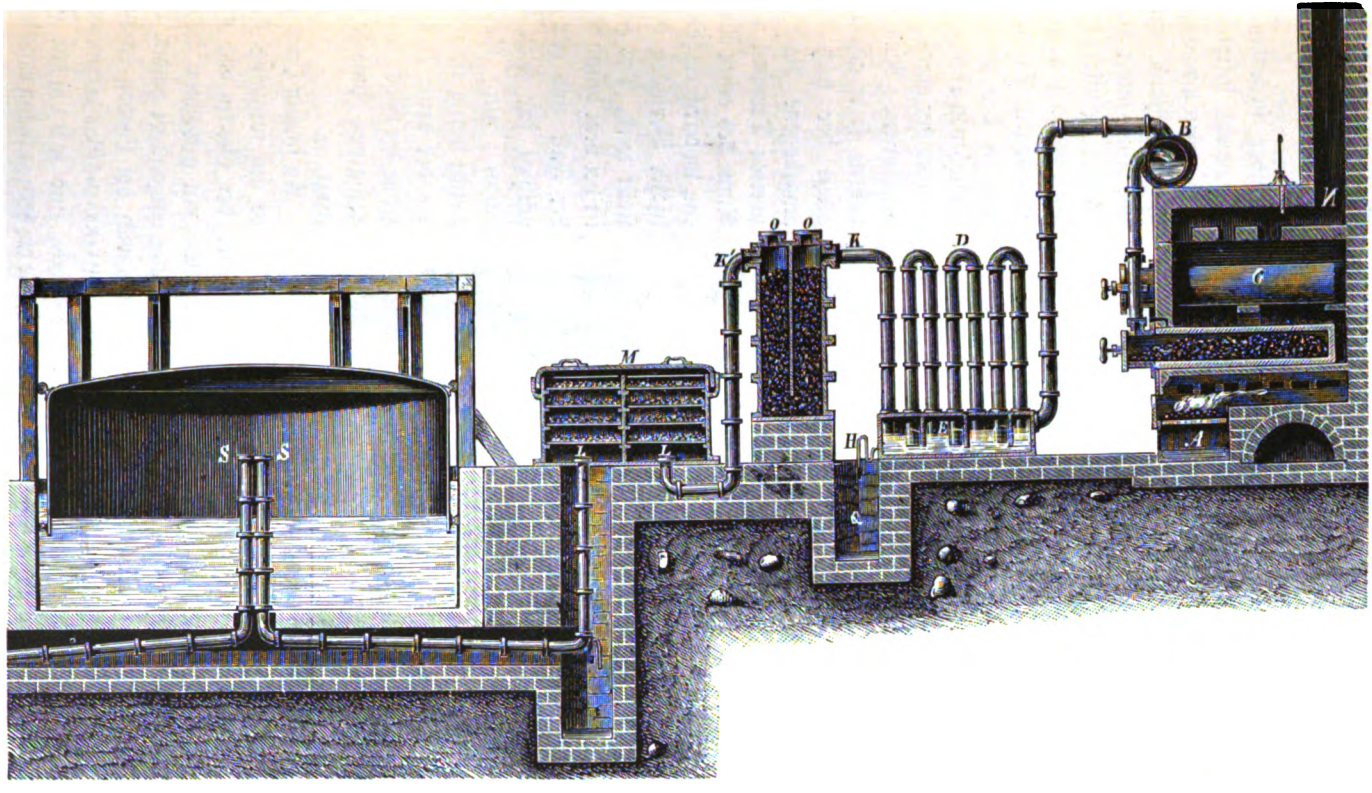
Führungsgerüst für einen Gasbehälter von 14.000 m³ Inhalt.
(Construirt von A. Klönne, Dortmund.)

Gas austreten, und zwar unter einem Drucke, welcher dem Gewichte der Glocke entspricht.

Die Benützung solcher Gasbehälter ist aus verschiedenen Gründen nöthig. Denn einerseits macht sie die Consumenten von einer vorübergehenden Störung im Betriebe des Gaswerkes unabhängig, andererseits ist der Gasverbrauch auch nicht zu allen Stunden des Tages der gleiche, er nimmt vielmehr mit Einbruch der Dunkelheit bedeutend zu. Das Gaswerk arbeitet also Tag und Nacht ziemlich gleichmäßig fort, tagsüber wird aber der Gasbehälter gefüllt und das in diesem aufgespeicherte Leuchtgas reicht dann im Vereine mit jenem, welches während der Nachtstunden erzeugt wird, aus, den Bedarf zu decken.

Wenn diese Gasbehälter nur ein halbwegs beträchtliches Quantum fassen sollen, so benöthigt man ein sehr großes Wasserbassin, welches ebenso tief sein

Digitized by Google



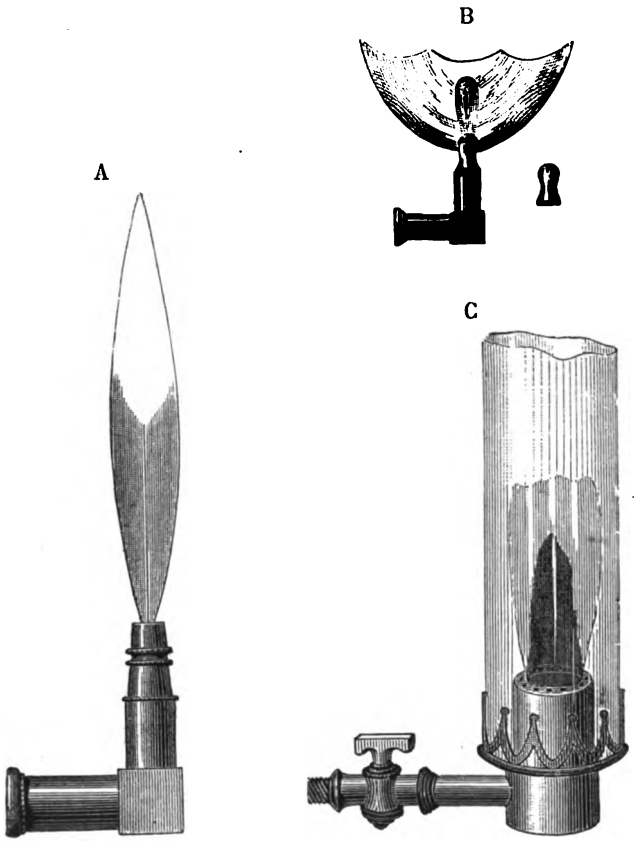

Schematische Darstellung eines Gaswerkes.
A Feuerung, C Retorte, B Hydraulik, D Luftkühlung, O Scrubber, M Reiniger, SS Gasbehälter.



Digitized by Google

muß als die Glocke hoch ist. Die Herstellung solcher Wasserbehälter erfordert jedoch bedeutende Kosten, man baut daher heute gewöhnlich die Gasbehälter nach dem Teleskopsysteme.

Diese Teleskopglocken bestehen aus zwei oder drei ineinander steckenden und ineinander verschiebbaren Blechcylindern ohne Boden; jede Trommel besitzt einen nach außen umgebogenen unteren Rand, welcher eine Rinne bildet, die mit Wasser gefüllt ist, der obere Rand ist nach innen umgebogen. Strömt nun Gas in den zusammengeschobenen Behälter ein, so wird der oberste, oben geschlossene Ring gehoben, ist er gefüllt, so greift der nach innen umgebogene Rand der zweiten Trommel in die Rinne des ersten Ringes ein, wodurch ein hydraulischer Verschluß hergestellt wird. Das gleiche ist bei dem dritten Ringe der Fall und man benöthigt für solche Behälter nur Bassins, welche wenig tiefer sind, als der dritte Theil der Höhe der Glocke im ausgezogenen Zustande beträgt.



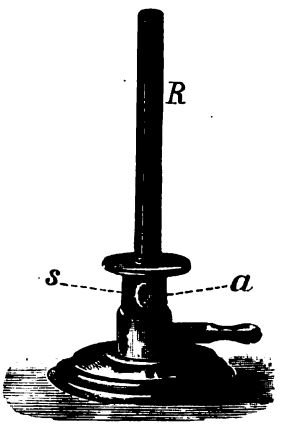

Gasbrenner.
A Lochbrenner. B Schmetterlingsbrenner. C Argandbrenner.

An solchen Orten, wo es auf sorgfältige Ausnützung des Raumes ankam, hat man die Wasserbehälter der Glocken auch nicht aus Mauerwerk ausgeführt, sondern aus Eisenconstruction mit gewölbtem, kuppelförmigem Boden hergestellt, unter welchem dann Lagerräume eingerichtet wurden. Der größte Gasbehälter der Welt dürfte wohl der zu Greenwich bei London errichtete sein. Er besitzt einen Durchmesser von 95 m und vermag 340.000 $m^3$ Gas aufzunehmen, die fünf Teleskopauszüge und der oberste Theil, die Glocke, sind je 9·1 m hoch. Um die Glocken gegen den Winddruck und die Schneelast, sowie die hydraulischen Verschlüsse gegen das Einfrieren zu schützen, umgiebt man sie gewöhnlich mit einem Behälterhause.

Digitized by Google

Bevor das Gas aus dem Behälter in die Straßenleitung eintritt, hat es in der Regel noch einen Druckregulator zu passiren, welcher den zu starken Druck des Gases herabmindert. Ein zu starker Druck würde einen zu bedeutenden Gasverbrauch, ohne wesentliche Erhöhung der Leuchtkraft der Flammen bedingen.

Wollte man das aus einem Rohre ausströmende Leuchtgas anzünden, so würde man nur eine rußende Flamme von sehr geringer Leuchtkraft erhalten. Um das Maximum der Leuchtkraft zu erzielen, ist es vielmehr nöthig, dem brennenden Gase eine solche Menge Luft, beziehungsweise Sauerstoff zuzuführen, daß der Kohlenstoff nahezu vollständig verbrennt. Dies erreicht man durch Anwendung der Brenner; es sind dies Speckstеinstücke, welche auf das Gasrohr geschraubt werden und dem Gase nur durch einen schmalen Spalt den Austritt gestatten. Wird dann das Gas angezündet, so vermag die Luft an beide Seiten der sogenannten Schmetterlingsflamme heranzutreten, wodurch eine helle, leuchtende Flamme erzielt wird. Bei den Argand- oder Gasrundbrennern strömt das Gas durch zahlreiche kleine, in einem Kreise angeordnete Oeffnungen aus, die Luft tritt sowohl durch eine Oeffnung im Brenner innerhalb der Flamme, als auch außen an diese heran, über den Brenner wird zur Vermittlung des Luftzuges ein Cylinder gestülpt.

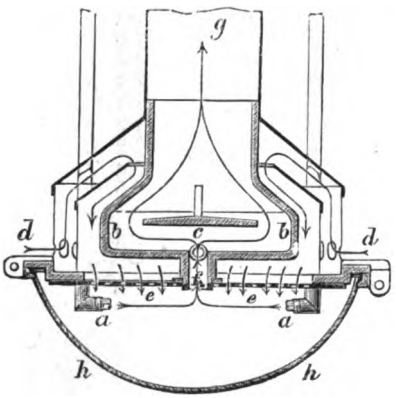


Bunsenbrenner.

Führt man der Flamme eine solche Menge Luft zu, daß die Abscheidung festen Kohlenstoffes, der, wie wir gesehen haben, überhaupt die Ursache des Leuchtens der Flammen ist, nicht stattfindet, so brennt das Gas mit nicht leuchtender, dafür aber sehr heißer Flamme. Dies wird bei dem sogenannten Bunsenbrenner, der in Laboratorien und dort, wo das Gas Heizzwecken dienen soll, angewendet wird, dadurch erreicht, daß über die enge Gasausströmungsöffnung ein weiteres Rohr R geschoben wird, welches bei a zwei einander gegenüberstehende Luftlöcher besitzt, die durch einen ringförmigen Schieber s ganz oder theilweise geschlossen werden können. Sind diese Luftlöcher geschlossen, so steigt das Gas in dem weiten Brennerrohre auf, ohne sich mit Luft zu mischen und brennt an der oberen Mündung mit leuchtender, rußender Flamme. Der Grund, weshalb sich im Inneren dieser Flamme Kohlenstoff abscheidet, ist der locale Mangel an Sauerstoff. Oeffnet man aber durch Drehung des Ringes die Seitenlöcher und ermöglicht dadurch den Zutritt der Luft, die sich im Brennerrohre nun mit dem Leuchtgase mengt, so verbrennt es schon im Inneren des Flammenkegels zu Wasser und Kohlenoxyd, welch letzteres dann im äußeren Saume der Flamme vollständig zu Kohlensäure verbrennt. Unter diesen Umständen verbreitet die Flamme nur ein schwach bläuliches Licht, sie ist auch viel kleiner als bei geschlossenen Seitenöffnungen, und weil die Verbrennung des Gases eine vollständigere ist und die gleiche Menge Gas auch in einem kleineren Raume zur Verbrennung gelangt, heißer als die leuchtende Flamme.

Digitized by Google

Lange Jahre hindurch war das Leuchtgas der Alleinherrscher auf dem Gebiete des Beleuchtungswesens und man glaubte die Gastechnik als ein voll entwickeltes und abgeschlossenes Gebiet betrachten zu dürfen. Erst als die Elektrotechnik eine immer größere Bedeutung gewann und das elektrische Licht dem Gaslichte eine immer empfindlichere Concurrenz bereitete, sannen die Gas- und Beleuchtungstechniker wieder auf neue Verbesserungen. Ein solcher, sehr bedeutender Fortschritt in der Verwendung des Leuchtgases zu Beleuchtungszwecken wurde durch Friedrich Siemens angebahnt, indem er in seinen Regenerativgasbrennern der Flamme Luft zuführte, welche durch die Flammengase selbst vorgewärmt war. Es ist leicht einzusehen, daß eine in heißer Luft brennende Flamme eine weitaus höhere Temperatur besitzen muß, als eine in kalter brennende, denn jene Wärmemenge, welche sonst zur Erwärmung der Luft verloren geht, bewirkt eine höhere Temperatur der Flamme, welche ihrerseits wieder die Kohlenstofftheilchen zu lebhafterem Glühen veranlaßt, wodurch eine hellere und weißere Flamme hervorgerufen wird.



Siemens'scher Regenerativbrenner.

Die Einrichtung eines solchen Regenerativbrenners veranschaulicht die nebenstehende Abbildung. Das Gas tritt bei den Brennern a in horizontaler Richtung aus. Die Flamme schlägt in der Richtung der Pfeile gegen die Röhre f, von wo die heißen Flammengase in den Regenerator bbe eintreten. Hier werden sie durch die Platte c gezwungen, längs der Metallwände bb in die Esse g zu entweichen. Durch die saugende Wirkung der letzteren gelangt die Luft in die Lampe, die durch die Oeffnungen dd eintretend, in der Richtung der Pfeile außen an der heißen Regeneratorwand vorbeistreicht und, dadurch erwärmt, durch die Löcher des siebartigen Porzellanreflectors ee vorgewärmt in die Flamme tritt. Nach unten ist die Lampe, die ein ungemein starkes Licht verbreitet, durch die Glasglocke hh abgeschlossen.

Diese und zahlreiche andere Erfindungen wurden jedoch weitaus und in jeder Beziehung durch die Erfindung des Gasglühlichtes durch Auer übertroffen. Mit unglaublicher Schnelligkeit hat sich in den letzten Jahren Auer's Erfindung überall eingebürgert und in zwölfter Stunde ist hierdurch dem Steinkohlengase eine neue, unerwartete Hilfe in dem Kampfe mit dem elektrischen Lichte erwachsen. Selten ist wohl eine Erfindung so rasch populär geworden, selten wohl war eine Erfindung so märchenhaft ertragreich, aber auch wohl selten hat eine Erfindung so zahlreiche Nachahmer und Nachempfinder gefunden, wie gerade diese. Das Auer'sche Gasglühlicht ist aber auch so reich an Vortheilen und so genial ersonnen, daß es als hocherfreulich bezeichnet werden muß, daß hier der Erfinder auch den

Digitized by Google

Nutzen seiner Erfindung genießen konnte und nicht, wie dies leider nur zu häufig bei den größten und bedeutendsten Erfindungen der Fall war, Andere die Früchte der Mühe ernteten.

Auer hatte bei analytischen Arbeiten die Wahrnehmung gemacht, daß die Oxyde gewisser damals nur sehr wenig erforschter, seltener Metalle, in die nicht leuchtende Flamme des Bunsenbrenners gebracht, ein intensives Licht auszustrahlen vermögen. Er verfolgte diese Entdeckung weiter, studirte eingehend die Eigenschaften dieser „seltenen Metalle", lehrte die Verbindungen aus den Mineralien, in welchen sie enthalten sind, darzustellen, war emsig auf analytischem Gebiete thätig, um rationelle Trennungsmethoden dieser Verbindungen von anderen Elementen aufzufinden, und es gelang ihm nach langen Bemühungen die Form zu finden, in welcher diese Verbindungen am besten als Glühkörper anzuwenden sind, und die goldene Frucht seiner jahrelangen Bemühungen war endlich das heute allbekannte Gasglühlicht, das sich bald die Welt eroberte.

Gasbrenner für Auerlicht.

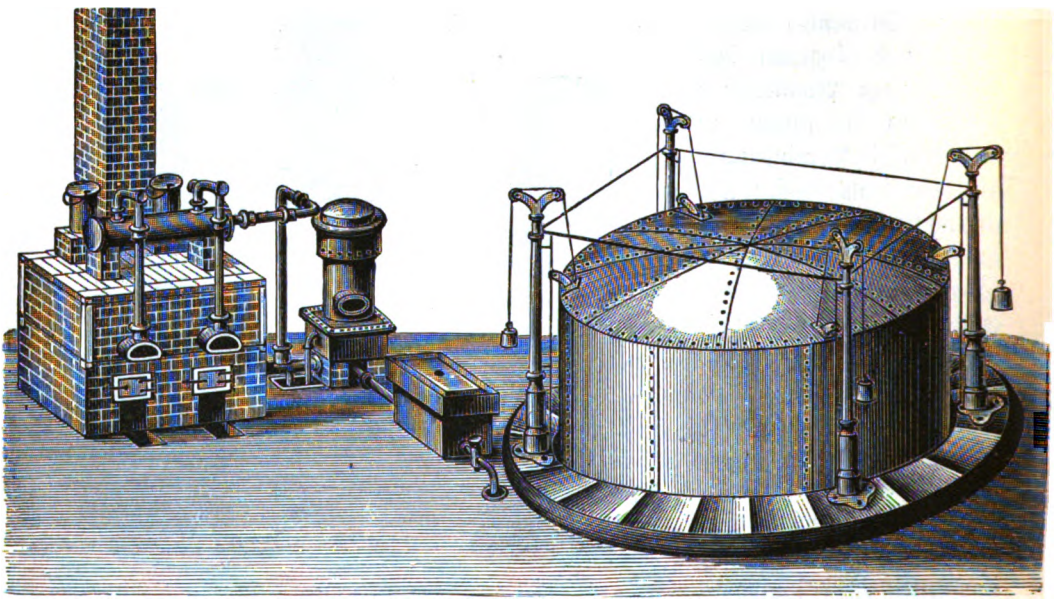
Die Körper, welche Auer in seinen Glühkörpern zum Glühen bringt, sind die Oxyde gewisser seltener Metalle, des Cers, Lanthans und Yttriums, des Didyms, Neodyms und des Zirkoniums. Von dem Vorwalten des einen oder des anderen Elementes in den Glühkörpern ist die Färbung des Lichtes, welches diese ausstrahlen, abhängig. So liefern die Yttererden und die Ceriterden ein weißes, Neodym und Zirkon ein gelbes, Erbium ein grünliches Licht. Mit Lösungen der salpetersauren Salze dieser Metalle werden röhrenförmige Baumwollgewebe getränkt und diese vorsichtig verascht. Es hinterbleibt dann ein aus den Oxyden der genannten Metalle bestehendes Netz, welches zum Glühen gebracht, ein äußerst intensives und dem Auge angenehmes Licht ausstrahlt. Diese Glühkörper werden an einem Platindrahte über dem „Auerbrenner" aufgehangen.

Der „Auerbrenner" hat an Stelle des Schnittes der gewöhnlichen Speckſteinbrenner ein rundes Metallblättchen von etwa 8 mm Durchmesser an der Gasaustrittsstelle liegen. In der Mitte dieses Blättchens befinden sich, einen Kreis

Digitized by Google

bildend, fünf kleine Oeffnungen, die etwa so weit wie die Dicke einer schwachen Nähnadel sind. Auf dem Brenner steht eine oben offene Metallhülse, an deren Fuß vier Luftlöcher angebracht sind. Die durch diese Oeffnungen in das Innere der Hülse einströmende Luft vereinigt sich hier mit dem Leuchtgase, wir haben also die Construction des Bunsenbrenners, welche wir eben kennen lernten, vor uns und dieser Brenner giebt auch nur eine nicht leuchtende, jedoch sehr heiße Flamme. Die Größe dieser Flamme ist so berechnet, daß sie sich an den Glühkörper anschmiegt und diesen dadurch an allen Stellen zum lebhaften Glühen bringt.

Die Vortheile des Auerlichtes sind verschiedener Art. Zunächst ist die große Leuchtkraft und Lichtintensität hervorzuheben, welche jene gewöhnlicher Gasbrenner



Anlage einer Oelgasfabrik mit zwei Retorten.

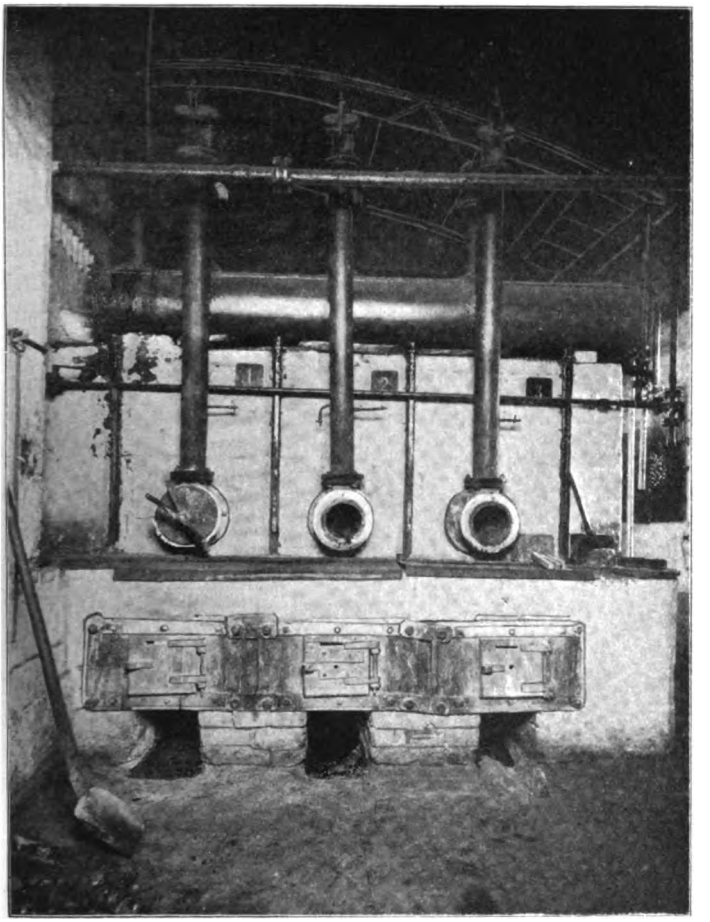
um das Vielfache übertrifft. Die größere Lichtstärke wird jedoch nicht, wie man denken sollte, durch größeren Gasverbrauch hervorgerufen, sondern der Gasverbrauch ist im Gegentheile geringer, und zwar mindestens um ein Drittel geringer als bei gewöhnlichen Brennern. Da aber hier eine vollständige Verbrennung des Gases erzielt wird, erreicht man eine höhere Temperatur, die das lebhafte Glühen des Glühkörpers bedingt. Auch ist die Umsetzung von Wärme in Licht vollständiger als bei gewöhnlichem Gaslichte, und so folgt daraus, daß das Auerlicht auch weniger Hitze abgiebt als gewöhnliches Gaslicht, was besonders dort, wo zahlreiche Flammen in größeren Räumen brennen, von großer Bedeutung ist.

Insgesammt betrachtet, ist Auer's Erfindung ebenso werthvoll als genial, und sie zeigt so recht, daß nicht etwa nur der Praktiker, sondern auch der Gelehrte

Digitized by Google

in seinem Laboratorium Erfindungen zu Wege bringt, die der ganzen Menschheit zu Nutzen gereichen. — — —

Zur Darstellung von Leuchtgas können außer der Steinkohle noch zahlreiche andere Stoffe verwendet werden, doch ist der Vorgang der Gasgewinnung im Principe stets der gleiche und beruht in der trockenen Destillation der betreffenden



Retortenhaus einer Oelgasfabrik.

Stoffe. So kann aus Braunkohlen und Torf, aus Holz und bituminösem Schiefer, aus Harzen, Oelen und Fetten, sowie aus Petroleum ein sehr gutes Leuchtgas gewonnen werden, und besonders die Oelgasbereitung hat dort eine große Bedeutung, wo es sich um die Erzeugung kleinerer Gasmengen handelt.

Bei den Oelgasapparaten fließt das zu vergasende Oel gleichmäßig in eine zur dunklen Rothglut erhitzte Thonretorte, das sich hier entwickelnde Gas tritt

Digitized by Google

wieder in das Oelreservoir zurück. Hier scheidet sich der Theer ab und das Gas ist unmittelbar, ohne noch einen weiteren Reinigungsproceß durchzumachen, zur Verwendung geeignet. Aus dem Oelreservoir fließt also ein Gemenge von Oel und Theer in die Retorte, es wird dadurch gleichzeitig eine hohe Ausbeute an Gas und eine Verwerthung des sonst minderwerthigen Theeres erzielt.

Ein anderer, für die Technik ungemein wichtiger gasförmiger Heizstoff ist das Wassergas, welches erhalten wird, wenn Wasserdampf auf glühende Kohle bei Luftabschluß einwirkt. Es findet dann eine Zerlegung des Wasserdampfes statt, wobei der Wasserstoff in Freiheit gesetzt wird und sich der Sauerstoff des Wassers mit dem Kohlenstoffe der Kohle zu Kohlenoxyd verbindet. Angezündet verbrennt dieses Gasgemisch mit schwach leuchtender, jedoch sehr heißer Flamme, die Verbrennungsproducte sind Wasserdampf und Kohlensäure.

Bei der Gewinnung des Wassergases geht allerdings ziemlich viel Wärme verloren, doch ist die Heizkraft des Gases bedeutend besser auszunützen als jene des Rohmateriales, der Kohle, so daß die Technik schon vielfach sich des Wassergases zur Heizung bedient. Dazu kommt noch, daß das Wassergas verhältnismäßig einfach und billig herzustellen ist, die überwiegende Zahl der größeren nordamerikanischen Städte verwendet daher schon das Wassergas an Stelle des Steinkohlengases. Soll das Gas zu Beleuchtungszwecken dienen, so muß es durch Beimengung flüchtiger Kohlenwasserstoffe carburirt werden, andererseits kann es jedoch auch direct verwendet werden zur Erzeugung des Gasglühlichtes, wozu, wie wir wissen, eine nichtleuchtende Flamme erforderlich ist.

Nach dem älteren, heute nur mehr selten angewendeten Verfahren wurde das Wassergas dargestellt, indem man in einer Retorte durch eine besondere Feuerung Coaks zum lebhaften Glühen brachte und dann Wasserdampf einströmen ließ. Es findet dann die erwähnte Zersetzung des Wasserdampfes statt, der Proceß findet sein Ende, sobald die Temperatur in der Retorte unterhalb eines bestimmten Hitzegrades gesunken ist. Dann muß die Darstellung unterbrochen, neue Coaks eingefüllt und abermals erhitzt werden; zur continuirlichen Erzeugung des Gases waren daher zahlreiche Retorten, die sich in verschiedenen Stadien der Erhitzung befanden, erforderlich.

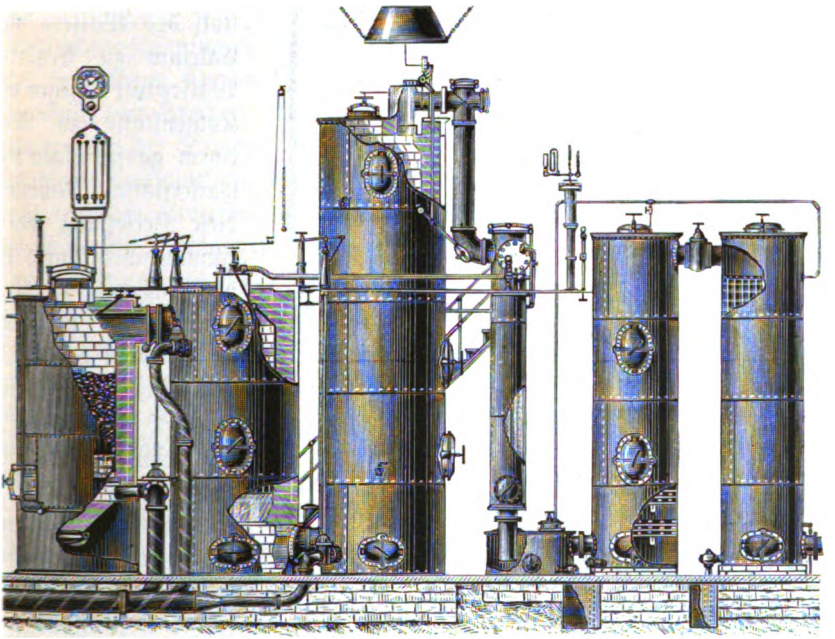
Die neueren Apparate zur Erzeugung des Wassergases arbeiten unter Verwendung von Generatoren. Hier wird Kohle in Generatoren entzündet und gebrannt, bis sie eine Temperatur von 1000 bis 1200° erreicht; dieser Vorgang wird als „Heißblasen" bezeichnet. Dann wird die Luft abgesperrt und Wasserdampf eingeleitet, wobei Wassergas entsteht. Um continuirlich Gas zu erhalten, werden zwei solcher Apparate aufgestellt, die sich stets in der entgegengesetzten Phase des Betriebes befinden.

Die Verwendung des Wassergases birgt einige Gefahren in sich, deren größte wohl in der leichten Möglichkeit einer Vergiftung durch Einathmung des Gases besteht. Das dem Gase beigemengte und einen wesentlichen Bestandtheil desselben bildende Kohlenoxyd ist nämlich äußerst giftig, das Gasgemenge selbst ist aber

Digitized by Google

geruchlos, so daß sich eine Ausströmung nicht wie bei Leuchtgas sofort durch den Geruch bemerkbar macht. Dem läßt sich jedoch leicht begegnen, indem man dem Gase, wie es auch an vielen Orten geschieht, eine geringe Menge eines stark riechenden und flüchtigen Stoffes beimengt. Gewöhnlich wird zu diesem Zwecke das Methylmercaptan benützt, schon sehr geringe Mengen dieses Körpers machen sich durch seinen äußerst widerlichen Geruch wahrnehmbar. —

Erzeugt man den elektrischen Lichtbogen in einer Atmosphäre von Wasserstoff, so erhält man ein Gas, welches angezündet mit einer röthlich-gelben, sehr stark rußenden Flamme verbrennt. Läßt man jedoch dieses Gas, das Acetylen,



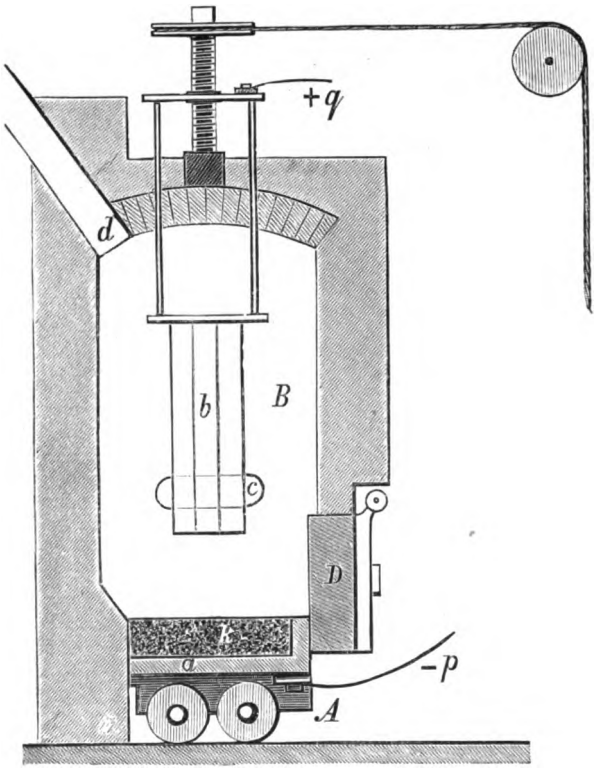
Apparat zur Darstellung von Wassergas.

aus einem Brenner mit sehr kleiner Oeffnung ausströmen, so liefert es angezündet eine blendend weiße Flamme, welche die Leuchtkraft des Steinkohlengases um das Mehrfache übertrifft.

In jüngster Zeit hat man nun gelernt, dieses Gas auf leichte und billige Weise darzustellen. Seine Vorzüge als Leuchtstoff sind, wenn ihm auch gewisse Nachtheile entgegenstehen, nicht zu verkennen, und wir müssen daher das Acetylen als den modernsten aller Leuchtstoffe bezeichnen, dem eine große Zukunft nicht abzusprechen ist. Wie wir aus der gleich zu besprechenden Art der Gewinnung dieses Gases ersehen werden, eignet es sich besonders zur Beleuchtung abgelegener Gebäude und Fabriksanlagen, zu seiner Darstellung sind nur sehr einfache Vorrichtungen, keine Retorten, Feuerungen und Reinigungsanlagen nöthig.

Digitized by Google

Läßt man nämlich in Oefen besonderer Construction den elektrischen Lichtbogen auf ein Gemenge von Kohle und Kalk einwirken, so erhält man eine schwarze, sehr harte Masse, das Calciumcarbid. Es ist dies eine Verbindung von Calcium mit Kohlenstoff, deren Entstehung jedoch einzig und allein auf die durch den elektrischen Lichtbogen erzeugte Temperatur, nicht aber etwa auf eine Einwirkung des elektrischen Stromes selbst zurückzuführen ist. Der Lichtbogen dient hier also ausschließlich als Wärmequelle.




Ofen zur Darstellung von Calciumcarbid nach Tenner.

Wird nun Calciumcarbid mit Wasser befeuchtet, so verbindet sich der Sauerstoff des Wassers mit dem Calcium zu Aetzkalk, der Wasserstoff dagegen mit dem Kohlenstoffe zu Acetylen, einem gasförmigen Kohlenwasserstoffe. Nimmt man diese Zersetzung des Calciumcarbides durch Wasser in Gefäßen besonderer Construction vor, so gelingt es leicht, einen continuirlichen Gasstrom zu erhalten, der aufhört, wenn der Zufluß des Wassers unterbrochen wird.

Mit der Darstellung des Calciumcarbides im Großen beschäftigen sich schon zahlreiche elektrochemische Fabriken. Das angewendete Princip ist in allen diesen Etablissements das gleiche, nur die Constructionen der Oefen weichen untereinander ab. Zum Verständnisse dieser Operation wird es jedoch genügen, wenn wir einen solchen Ofen kennen lernen.

Bei dem elektrischen Ofen zur Darstellung von Calciumcarbid von Tenner ruht der Boden des Ofens auf einem Wagengestelle A, welches auf Schienen läuft, um unter dem gemauerten, mit Thüren versehenen Ofenobertheil B nach Bedarf eingefahren, beziehungsweise zurückgezogen werden zu können. Dieser Boden besteht aus einer starken Eisenplatte a, auf welche eine ungefähr 20 cm hohe Schicht k von Elektrodenkohle oder Coaks mit Steinkohlentheer vermengt aufgebracht wird, so daß sie die Herdsohle bildet. Indem die Eisenplatte a mit dem

Digitized by Google

stromzuführenden Kabel p des einen Poles der dynamoelektrischen Maschine verbunden ist, stellt sie in Gemeinschaft mit der Coaksdecke k zugleich die eine Elektrode des Ofens dar. Auf diese Elektrodensohle wird das aus einer gleichförmigen Mischung von Kohle und Kalk bestehende Beschickungsmaterial nicht früher, als bis der Ofen geschlossen, zusammengestellt und in Betrieb gesetzt ist, mittelst mechanischer Zuführungsvorrichtungen allmählich aufgeschüttet. Entsprechend der Vermehrung der Schichthöhe, beziehungsweise zur Regelung müssen die oberen, zu einem Bündel vereinigten, mit den Speisekabeln q durch geeignete metallene Fassungen verbundenen Elektrodenkohlen b gehoben werden, zu welchem Zwecke dieselben in aufziehbarer Aufhängung mit Spindelantrieb angeordnet sein können. Eine Beschickungsöffnung ist bei c an der gegenüberliegenden Ofenwand ersichtlich gemacht; der Abzug für die Gase ist mit d bezeichnet. Durch mechanische, unter Zuhilfenahme von Stocher- oder Aufrührwerkzeugen bewerkstelligte Beschickung kann den Unterenden der Kohlenelektroden b das umzuwandelnde Behandlungsgut in gleichförmiger Ausschüttung dargeboten werden. Es ist zu bemerken, daß sich das Material vermöge Kraterbildung trichterförmig um die Kohlenelektroden anordnet. Sofern man alle Oeffnungen mit Ausnahme des Abzuges d dicht verschließt, läßt sich der Durchzug von Luft durch den Ofen fast vollständig vermeiden, so daß der sonst vorhandene Uebelstand des Mitreißens von Material zum Abzuge nicht stattfindet, während auch durch die Fernhaltung des Sauerstoffes der nutzlosen übermäßigen Verbrennung eines Theiles des Elektrodenmateriales und Beschickungsgutes vorgebeugt wird. Durch die Ummantelung der oberen Kohlen b mit einem schmiedeeisernen Gehäuse läßt sich überdies die Haltbarkeit derselben wesentlich vermehren.

Die Rohmischung, bestehend aus 56 Theilen Kalk und 36 Theilen dichter Kohle wird mittelst geeigneter Zerkleinerungs- und Mischmaschinen zur Beschickung vorbereitet. Nach Einschiebung des die Ofensohle bildenden Wagens A wird zunächst die an der Ofenbrust angebrachte Thür dicht verschlossen. Nunmehr wird der Arbeitsstrom, welchen die Dynamomaschine liefert, eingeschaltet — er besitzt eine Stärke von 1700 bis 2000 Ampère und 65 bis 100 Volt — und zugleich werden die oberen Elektroden b bis zur Bildung des Lichtbogens der Sohlenschicht k genähert. Dann wird die Rohmischung mit Hilfe einer mechanischen Vorrichtung in den Ofen gebracht, so daß der Lichtbogen etwa 30 cm hoch um die Elektroden herum von derselben bedeckt liegt; dadurch läßt sich der Lichtbogen leichter gleichmäßig erhalten. Das zeitweise Aufrühren der Mischung während des Betriebes ist deshalb nöthig, weil die Gase, die sich am Lichtbogen bilden, beständig im Material Canäle bilden, welche sonst nicht leicht von selbst zerfallen, so daß dann um den Lichtbogen ein Hohlraum entsteht und zu wenig Material zu diesem gelangt.

Die Zuführung des Materialgemisches wird mehrere Stunden lang fortgesetzt, wobei eine ständige Ueberwachung der Lage der oberen Kohlenelektrode nöthig ist. Die Stellung dieser Elektrode kann mittelst einer Hebevorrichtung beliebig ver-

Digitized by Google

ändert werden. Merkt der das Handrad Bedienende, daß die Spannung sinkt, so hebt er die Kohlenstäbe. Tritt eine Unterbrechung ein, so sinkt die Stromstärke auf Null; in diesem Falle müssen die Elektrodenkohlen rasch gesenkt werden.

Das Calciumcarbid entsteht zwar in schmelzflüssiger Form zwischen den Elektroden und verbleibt auch in der Kernmitte längere Zeit flüssig, indessen ist sein Wärmeleitungsvermögen zum Vortheile der Schonung der unteren Elektrodensohle zu gering, als daß man die auf dieser Herdsohle theilweise auseinander fließende, jedoch rasch gegen die Wandungen des Ofens hin erstarrende Masse durch ein Stichloch ununterbrochen abführen könnte. Deshalb wurde bei den neuen Ofenconstructionen gänzlich von der Anbringung eines Stichloches Abstand genommen.

Apparat zur Erzeugung von Acetylengas aus Calciumcarbid.

Mit der Beschickung wird fortgefahren, bis die Anhäufung bis zu einer gewissen, von den Ofendimensionen abhängigen Grenze fortgeschritten ist. Nunmehr hebt man die Elektroden zeitweilig in die Unterbrecherlage, und findet auf der Fläche des Wagengestelles A, das nach Oeffnung der Thür D herausgefahren wird, das Product in Form eines mehr oder weniger ausgedehnten Kuchens. Nach Absonderung des hinreichend rein befundenen krystallinischen Productes verbleiben auf der Sohle noch Rückstände, die bei einer zweiten Charge unter Berücksichtigung ihres durch eine Analyse festzustellenden Gehaltes an Kalk und Kohle wieder benützt werden können. Der Ofenbetrieb braucht bei dieser Anordnung nicht unterbrochen zu werden, da man, sobald ein Wagen A herausgefahren wurde, sogleich einen zweiten bereitgehaltenen einfahren kann.

Digitized by Google

Zur Erzeugung des Acetylens muß das Calciumcarbid in besondere Gasentwickelungsapparate gebracht werden, deren es ebenfalls schon eine große Anzahl, die alle ihren Zweck mehr oder minder gut erfüllen, giebt. Dies ist auch begreiflich, denn die Industrie hat die große Bedeutung, Anwendbarkeit und Entwickelungsfähigkeit der Acetylenbeleuchtung bald nach ihrem Bekanntwerden eingesehen, und war bemüht, Apparate zu schaffen, welche die rationelle und gefahrlose Erzeugung des Gases ermöglichen.

Diese Apparate zeichnen sich durch große Einfachheit aus. Sie bestehen im Wesentlichen aus den Behältern für das Carbid, welches je nach der verbrauchten Menge des Gases mit mehr oder weniger Wasser in Berührung gebracht wird. Das Gas sammelt sich in einem kleinen Gasbehälter an, und wird von hier zur Verbrauchsstelle geleitet.

Die Eigenschaft des Acetylens, in geeigneten Brennern verbrannt eine ungemein hell leuchtende Flamme zu erzeugen, ist darauf zurückzuführen, daß sich das Acetylen schon bei einer Temperatur von ungefähr 800° in Wasserstoff und sehr fein vertheilten Kohlenstoff zersetzt. Dabei wird aber eine große Wärmemenge frei, welche eine bis über 2000° betragende Temperatursteigerung im Gefolge hat, welche ein äußerst lebhaftes Glühen der Kohlenstofftheilchen bedingt, und davon ist, wie wir wissen, die Leuchtkraft einer Flamme abhängig.

Diese Wahrnehmung führte aber ihrerseits wieder zu einer weiteren Entdeckung über das Wesen der Flamme überhaupt. Man fand nämlich, daß im nicht leuchtenden Theile jeder Leuchtflamme die Kohlenwasserstoffe zunächst in Acetylen übergehen, welches dann der erwähnten Zersetzung unterliegt. Die Menge des auf diese Weise durch Zersetzung der Kohlenwasserstoffe entstehenden Acetylens ist jedoch von der Natur des betreffenden, zur Verbrennung gebrachten Leuchtstoffes abhängig, und dadurch erklärt sich auch der Umstand, weshalb die Flammen der verschiedenen Leuchtstoffe eine so wechselnde Lichtmenge ausstrahlen.

Wie wir gesehen haben, besteht das Wesen der Erzeugung des Lichtes darin, daß feste Körper — Kohlenstofftheilchen oder die Oxyde gewisser Metalle — zum lebhaften Glühen gebracht werden, es wird also Wärme in Licht umgesetzt. Die Leuchtkraft einer Flamme wird aber um so größer sein, je vollständiger diese Umsetzung erfolgt, und andererseits wird eine Flamme umsoweniger Wärme abgeben, je mehr Licht sie verbreitet. Wir sehen dies beispielsweise an dem Gasglühlichte, welches bei großer Lichtstärke relativ wenig Wärme abgiebt, die Umsetzung ist also hier eine sehr vollständige. Das Streben der Beleuchtungstechniker müßte daher eigentlich darauf gerichtet sein, ein kaltes Licht zu erzeugen, also einen Leuchtstoff zu finden, der alle erzeugte Wärme in Lichtschwingungen umsetzt. Ob dies möglich sein wird, entzieht sich vorläufig noch unserer Erkenntnis. Immerhin ist es aber bemerkenswerth, daß es dem bekannten Elektriker Tesla gelungen ist, kaltes Licht dadurch zu erzeugen, daß hochgespannte, in der Secunde über 60.000mal unterbrochene Ströme auf eine luftleere Glaskugel einwirken. Diese erstrahlt dann in einem eigenthümlichen Lichte, und es ist nicht ausgeschlossen, daß Tesla's kaltes Licht noch berufen ist, die Nächte der Zukunft zu erhellen.

Digitized by Google

Ueberblicken wir all die zahlreichen Fortschritte und Verbesserungen, welche auf dem Gebiete der Beleuchtungstechnik gerade in den letzten Jahren zu verzeichnen sind, und ziehen wir einen Vergleich zwischen dem rußenden Kienspane und dem Auer'schen Gasglühlichte, zwischen dem trüben, flackernden Scheine, den die römische Oellampe zu spenden vermochte, und den Lichtfluthen, welche heute eine einzige Bogenlampe verbreitet, so sehen wir, daß sich das Lichtbedürfnis der Menschen im Allgemeinen wesentlich vergrößert hat. Unsere Großväter begnügten sich noch mit einer einzigen Talgkerze, und sie spendete genügend Licht, um dabei lesen und schreiben zu können. Heute fühlen wir uns nicht wohl, wenn der Raum, in welchem wir uns befinden, nicht fast taghell erleuchtet ist. Auch an die Straßenbeleuchtung stellen wir weit größere Anforderungen als vor fünfzig Jahren, überhaupt ist die Beleuchtungstechnik ein Gebiet, dessen Schöpfungen stets auf den Beifall der Menschen zählen dürfen.

Die letzten Worte Goethe's sind heute in jedem Sinne ein Losungswort der Allgemeinheit geworden: „Licht — mehr Licht".

Digitized by Google

REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

# Die Mineralsäuren.

Zur Durchführung zahlreicher Processe, deren sich die chemische Industrie bedient, werden Verbindungen verwendet, welche man als „Säuren“ und zum Unterschiede von den in der Natur häufig vorkommenden organischen Säuren als „Mineralsäuren“ bezeichnet. Der Verbrauch dieser Säuren ist aber so bedeutend, daß ihre Darstellung ein eigener Zweig der angewandten Chemie geworden ist, und zahlreiche Fabriken, welche große Mengen solcher Säuren benöthigen, wie Soda-, Sprengstoff- und Düngerfabriken, Petroleumraffinerien und andere erzeugen sich ihren Bedarf selbst an Ort und Stelle.

Die wichtigsten dieser Mineralsäuren sind Schwefelsäure, Salpetersäure und Salzsäure, und deren Eigenschaften, Darstellung und Verwendung wollen wir jetzt kennen lernen.

Die drei genannten Säuren zeigen in ihrer Zusammensetzung insofern eine Uebereinstimmung, als sie alle Wasserstoff enthalten, und dieser Wasserstoff kann durch Metalle ersetzt werden. Bringen wir beispielsweise in verdünnte Schwefelsäure Zink, so bemerken wir, daß Gasblasen aufsteigen, welche aus Wasserstoffgas bestehen.

Gleichzeitig löst sich aber das Zink auf. Ist nun ein Ueberschuß von Zink vorhanden, so wird endlich aller Wasserstoff der Schwefelsäure durch Zink ersetzt, es entweicht kein Wasserstoffgas mehr, die ursprünglich stark saure Schwefelsäure hat ihren sauren Charakter, wie auch die Fähigkeit, organische Stoffe zu verkohlen, gänzlich eingebüßt, und dampfen wir nun die Flüssigkeit ein, so erhalten wir einen krystallisirten Körper, welcher die Elemente der Schwefelsäure, nämlich Schwefel und Sauerstoff, an Stelle des Wasserstoffes jedoch Zink enthält. Es ist dies der sogenannte Zinkvitriol, im chemischen Sinne schwefelsaures Zink, ein Salz der Schwefelsäure.



Digitized by Google

Unter einem Salze im chemischen Sinne verstehen wir überhaupt jede Verbindung, welche dadurch entsteht, daß ein Metall an die Stelle des Wasserstoffes einer Säure tritt. Tragen wir beispielsweise in die Schwefelsäure metallisches Natrium ein, so entsteht schwefelsaures Natrium, verwenden wir Kupfer, so bildet sich der durch seine schöne blaue Farbe bekannte Kupfervitriol und aus Calcium und Schwefelsäure bildet sich schwefelsaures Calcium oder Gips.

Zur Bildung von Salzen ist es aber durchaus nicht unbedingt erforderlich, daß das Metall selbst in die Säure eingetragen wird, die Säure vermag auch Verbindungen der Metalle zu zerlegen. Bringen wir beispielsweise Aetznatron oder Aetzkali, Verbindungen, welche aus Natrium, beziehungsweise Kalium, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen, in Schwefelsäure, so bildet sich ebenfalls schwefelsaures Natrium, beziehungsweise Kalium, doch entweicht in diesem Falle kein Wasserstoff, vielmehr vereinigt sich der austretende Wasserstoff der Schwefelsäure im Augenblicke seines Freiwerdens mit dem Wasserstoffe und dem Sauerstoffe des Aetzalkalis zu Wasser. Bringen wir kohlensaures Natrium, Soda, in die Schwefelsäure, so bemächtigt sich die Schwefelsäure ebenfalls des Natriums, gleichzeitig entsteht Wasser und die ursprünglich mit dem Natrium verbundene Kohlensäure wird ausgetrieben.

Das gleiche Verhalten zeigen auch die beiden anderen Säuren, die Salzsäure und die Salpetersäure. Auch sie vermögen Salze zu bilden, die bekanntesten sind das Kochsalz, im chemischen Sinne salzsaures Natrium oder Chlornatrium, und das salpetersaure Natrium, der Natronsalpeter, den wir schon kennen gelernt haben.

Während bei der Bildung der Salze das Metall den Wasserstoff der Säure verdrängt, vermag umgekehrt auch eine stärkere Säure eine schwächere aus ihren Salzen zu vertreiben.

Erhitzten wir beispielsweise Natronsalpeter mit Schwefelsäure, so bemächtigt sich diese des Natriums, mit welchem sie schwefelsaures Natrium bildet, ihren Wasserstoff giebt sie dem im Salpeter enthaltenen Reste der Salpetersäure, welche dadurch wieder die Eigenschaften einer Säure erhält und entweicht. Und dampfen wir salpetersaures Natrium mit Salzsäure ab, so wird ihrerseits wieder die Salpetersäure verdrängt und es hinterbleibt Chlornatrium oder Kochsalz. Und erhitzten wir dieses mit Schwefelsäure, so wird wieder die Salzsäure ausgetrieben, und wir erhalten schwefelsaures Natrium. Diese beiden Reactionen werden im Großen durchgeführt, um Salpetersäure, beziehungsweise Salzsäure darzustellen, worauf wir noch zurückkommen werden.

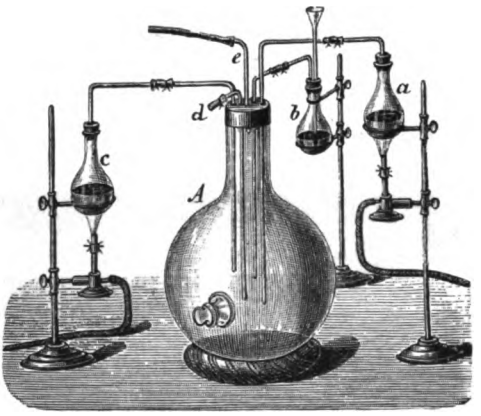
Wenn Schwefel an der Luft verbrennt, so entsteht ein unangenehm stechend riechendes Gas, die schweflige Säure oder Schwefeldioxyd. Es besteht aus Schwefel und Sauerstoff, und zwar enthält das Molecül je ein Atom Schwefel und zwei Atome Sauerstoff.

Eine Verbindung des Stickstoffes mit Sauerstoff, das Stickoxyd, welches aus einem Atome Stickstoff und einem Atome Sauerstoff besteht, besitzt die Eigenschaft, aus der Luft Sauerstoff aufzunehmen, und sich mit diesem zu Stickstoffdioxyd (ein Atom Stickstoff und zwei Atome Sauerstoff) zu vereinigen.

Digitized by Google

Trifft Stickstoffdioxyd mit Schwefeldioxyd zusammen, so giebt das Stickstoffdioxyd ein Atom Sauerstoff an die schweflige Säure ab. Das Stickstoffdioxyd geht dabei wieder in Stickoxyd über, welches neuerdings aus der Luft Sauerstoff aufnimmt und ihn an schweflige Säure abzugeben vermag, das Schwefeldioxyd geht aber dabei in Schwefeltrioxyd über, welches auf ein Atom Schwefel drei Atome Sauerstoff enthält. Ist nun aber auch gleichzeitig Wasser in Dampfform zugegen, so tritt auch dieses in Verbindung mit dem Schwefeltrioxyd und es entsteht Schwefelsäure, welche auf ein Atom Schwefel zwei Atome Wasserstoff und vier Atome Sauerstoff enthält.

Dies sind die Vorgänge, welche sich bei der Darstellung der Schwefelsäure abspielen. Diese Processe verlaufen natürlich nicht nacheinander, sondern nebeneinander, und sie geben gleichzeitig ein schönes Beispiel eines sogenannten Kreisprocesses. Das Stickoxyd ist nämlich in einem beständigen Kreislaufe begriffen, es nimmt Sauerstoff aus der Luft auf und überträgt ihn an die schweflige Säure, worauf es wieder neuerdings befähigt ist, Sauerstoff aufzunehmen und abzugeben. Es spielt also nur die Rolle eines Sauerstoffüberträgers, und theoretisch wäre man im Stande, mit einer geringen Menge Stickoxyd unendliche Mengen Schwefelsäure darzustellen. In der Wirklichkeit ist dies nun allerdings nicht der Fall, es treten stets geringe Verluste an Stickoxyd ein, welche ersetzt werden müssen.



Apparat zur Darstellung von Schwefelsäure.

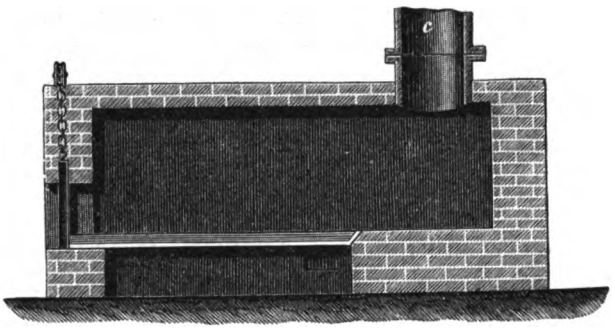
Die Vorgänge der Darstellung der Schwefelsäure werden uns aber noch anschaulicher werden, wenn wir zunächst von all den Apparaten und Vorrichtungen absehen, welche bei der fabriksmäßigen Darstellung der Schwefelsäure Verwendung finden, und den Verlauf der Processe in einem Apparate verfolgen, der aus Glasgefäßen hergestellt ist.

Der in der obenstehenden Abbildung ersichtliche Ballon A ist durch einen fünffach durchbohrten Kork verschlossen. Durch die Bohrungen führen vier rechtwinklig gebogene Glasrohre bis in die Mitte des Ballons, die fünfte unter dem Korke endigende Röhre e soll den überschüssigen Gasen den Austritt gewähren. Drei dieser gebogenen Glasrohre verbinden den Ballon A mit Kochflaschen, von denen a zur Darstellung von schwefliger Säure durch Erhitzen von Kupfer mit concentrirter Schwefelsäure (man könnte das Schwefeldioxyd natürlich auch durch Verbrennen von Schwefel erzeugen), b zur Darstellung von Stickoxyd aus Kupfer und verdünnter Salpetersäure, und c zur Erzeugung von Wasserdampf bestimmt ist. Der Kolben b ist mit einem fast bis auf seinen Boden reichenden Trichter-



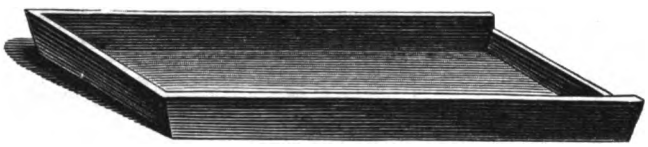
Digitized by Google

rohre versehen, welches zum Eingießen der Salpetersäure dient. Durch das Rohr d kann mit Hilfe eines Blasebalges Luft eingeblasen werden.

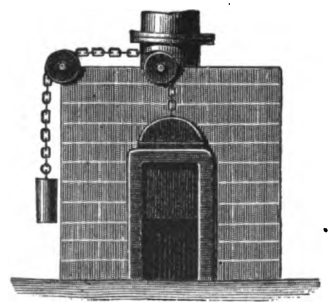



Ofen zur Verbrennung des Schwefels.

Zunächst entwickelt man nun im Kolben b Stickoxyd. Es ist dies ein farbloses Gas, welches sich aber sofort, wie es in den Kolben A eintritt, in Stickstoffdioxyd durch Sauerstoffaufnahme verwandelt. Man kann diesen Vorgang beobachten, da das Stickoxyd, wie erwähnt, farblos ist, das Stickstoffdioxyd dagegen rothe Nebel bildet. Der Ballon A füllt sich also mit rothen Dämpfen an. Läßt man nun schweflige Säure und Wasserdampf zutreten, so verschwindet die rothe Farbe sehr bald, und es entsteht Schwefelsäure, welche sich an den Wänden des Ballons verdichtet, und sich auf seinem Boden, durch Condensationswasser verdünnt, ansammelt. Bläst man nun wieder Luft ein, so bemerkt man sofort die neuerliche Bildung von Stickstoffdioxyd, das die Hälfte seines Sauerstoffes abermals an schweflige Säure abgiebt, sich entfärbt u. s. f. Läßt man dagegen continuirlich Schwefeldioxyd, Stickoxyd, Wasserdampf und Luft in den Kolben eintreten, so spielen sich diese Vorgänge gleichzeitig ab, und es wird fortlaufend Schwefelsäure gebildet.



Pfanne zur Verbrennung des Schwefels.



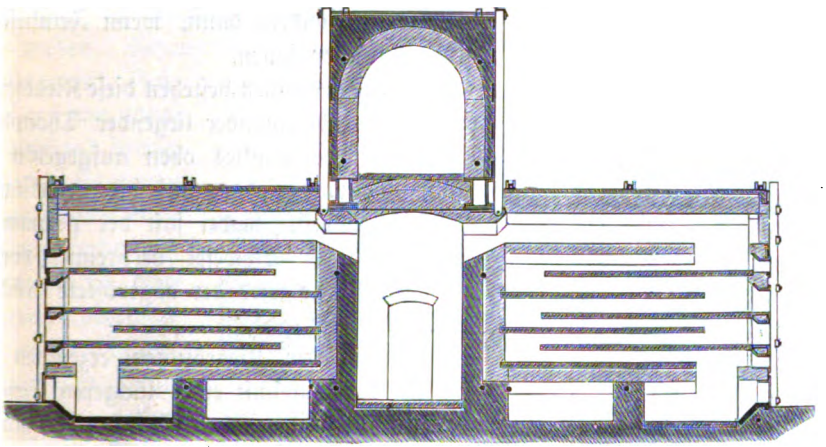
Verschluß des Ofens zur Verbrennung des Schwefels.

Der Proceß der Darstellung der Schwefelsäure ist also davon abhängig, daß stets genügende Mengen Luft und Wasserdampf vorhanden sind. Fehlen diese, so erleidet der Betrieb dadurch eine Störung, daß sich nicht Schwefelsäure, sondern eine krystallisirte Verbindung, die sogenannten „Bleikammerkrystalle" bilden, welche aus Wasserstoff, Sauerstoff, Schwefel und Stickstoff zusammengesetzt sind. Auch dieser Vorgang kann mit Hilfe unseres Apparates gezeigt werden.

Digitized by Google

Läßt man nämlich nur sehr wenig Wasserdampf in den Ballon A eintreten, so überzieht sich die innere Wand des Ballons sehr bald mit eisblumenähnlichen Gebilden. Führt man aber nun wieder genügend Wasserdampf und Luft zu, so zerfließen diese Krystalle zu einer gelblichen Flüssigkeit, wobei die erwähnte Verbindung zerfällt, das dabei auftretende Stickoxyd geht wieder in Stickstoffdioxyd über, welches sich durch seine rothe Farbe verräth.

Die chemischen Vorgänge, welche sich bei der Darstellung der Schwefelsäure im Großen abspielen, sind genau die gleichen, wie wir sie eben kennen gelernt haben. Die schweflige Säure stellt man durch Verbrennen von Schwefel oder von Schwefelkiesen dar, das Stickoxyd wird erzeugt, indem man schweflige Säure auf Salpetersäure einwirken läßt, und den Proceß der Schwefelsäurebildung selbst



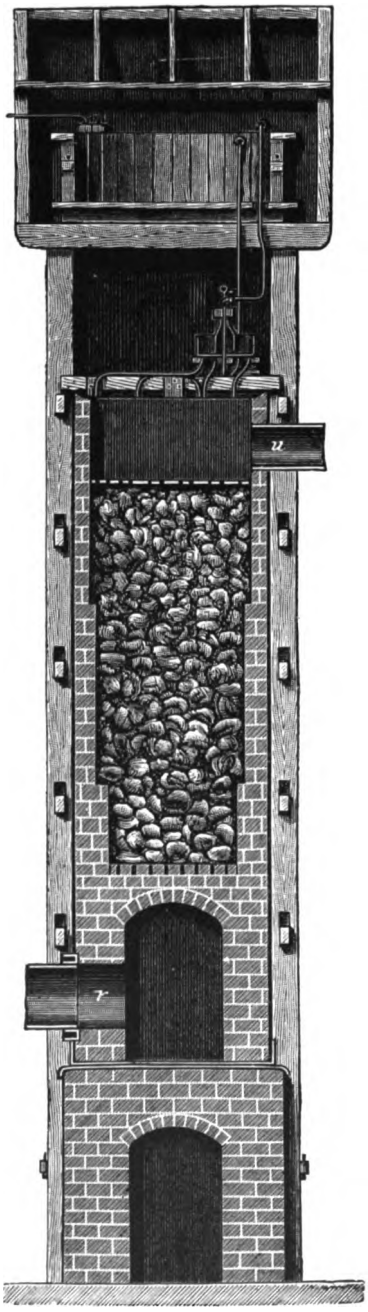
Kiesofen im Durchschnitte.

nimmt man nicht in Glasgefäßen, sondern in großen, aus Bleiplatten gebildeten Kammern vor, da jedes andere Material von der Schwefelsäure angegriffen würde.

Die Verbrennung des Schwefels geschieht in besonderen Oefen, in welchen der Schwefel auf einer pfannenförmigen Platte ausgebreitet und angezündet wird. Der Ofen selbst wird durch eine an einer Kette hängende, durch ein Gegengewicht ausbalancirte Thür verschlossen. Diese Thür kann beliebig weit geöffnet werden, so daß man die Regulirung der einströmenden Luft, und damit die Zusammensetzung der abziehenden Gase in der Hand hat.

Da der Schwefel jedoch ein sehr theueres Rohmaterial bildet, dient er nur selten mehr zur Darstellung der schwefligen Säure, vielmehr hat man in den Schwefelkiesen ein bedeutend billigeres Material zu seinem Ersatze gefunden. Allerdings ist zu deren Verwerthung die Construction besonderer Kiesöfen erforderlich gewesen, doch haben sich diese trefflich bewährt, umsomehr, als auch die Rückstände, die Kiesabbrände, die je nach der Natur der verarbeiteten Kiese eine verschiedene Zusammensetzung besitzen, wieder verwerthet und zur Gewinnung der darin ent-

Digitized by Google



Gloverthurm.

haltenen Metalle verwendet werden. So werden außer Eisenkies oder Pyrit auch Kupferkiese und Zinkblende abgeröstet; auch gebrauchte Gasreinigungsmasse, welche, wie wir gesehen haben, sehr reich an Schwefel ist, dient zur Gewinnung der schwefligen Säure.

Die Kiesröstöfen sind jedoch von jenen Vorrichtungen, welche zur Verbrennung des Schwefels dienen, wesentlich verschieden. Die meisten Kiese brennen zwar, entzündet, selbst fort, doch sind immerhin besondere Einrichtungen erforderlich, um den Betrieb continuirlich zu gestalten, besonders dann, wenn Feinkiese verarbeitet werden sollen.

Im Wesentlichen bestehen diese Kiesöfen aus einer Reihe übereinander liegender Thonplatten, auf welche der Feinkies oben aufgegeben wird. Nach und nach wird er auf die tieferliegenden Platten geschafft, wobei fast der gesammte in ihm enthaltene Schwefel verbrennt, von der untersten Platte wird der abgeröstete Rückstand entfernt.

Die in den Kiesröstöfen erzeugten Gase passiren nun zunächst einen längeren Canal, in welchem sich mitgerissener Staub und Asche absetzt, dann treten sie in den nach seinem Erfinder benannten Gloverthurm ein.

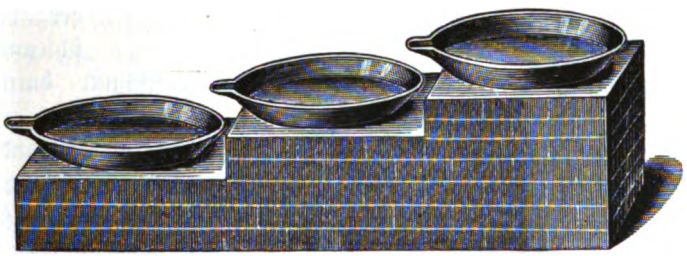
Der Gloverthurm ist eigentlich nichts anderes als eine Bleikammer von thurmförmiger Gestalt, welche mit säurefestem Material ausgekleidet und überdies noch mit Coaksstücken gefüllt ist. An seiner höchsten Stelle trägt er ein aus Bleiplatten angefertigtes Reservoir, welches mit der von einem späteren Stadium der Fabrikation stammenden nitrosen Säure, kurzweg gewöhnlich „Nitrose“ genannt, gefüllt ist.

Diese Nitrose ist Schwefelsäure, welche mit den Verbindungen des Stickstoffes beladen ist, welche sonst verloren gehen würden; sie wird im Gay-Lussacthurme, von welchem noch die Rede sein wird, erhalten.

Digitized by Google

Diese Nitrose nun rieselt im Gemenge mit 62%iger Schwefelsäure über die Coaksstücke herab, während gleichzeitig in den unteren Theil des Thurmes die Röstgase, welche eine über 300° betragende Temperatur besitzen, eintreten. Diese Wärme dient nun einerseits dazu, die herabrieselnde Schwefelsäure zu concentriren, wodurch bedeutend an Brennmaterial gespart wird, andererseits wird hier aber auch die Nitrose denitrirt, d. h. die Röstgase entziehen ihr die Stickstoffverbindungen, beladen sich mit ihnen und führen sie neuerdings in den Betrieb ein. Ferner wird auch im Gloverthurme selbst schon Schwefelsäure gebildet, da Stickoxyd entsteht und Sauerstoff wie Wasserdampf vorhanden sind, endlich werden die Röstgase auch auf etwa 80° abgekühlt, mit welcher Temperatur sie in die erste Bleikammer eintreten.

Die Bleikammern sind mächtige Räume, welche man in der Weise hergestellt, daß an einem Balkengerüste Bleiplatten befestigt und untereinander verlöthet werden. Gewöhnlich sind drei bis vier solcher Kammern vorhanden, deren größte einen Fassungsraum von ungefähr 4000 m³ besitzt, die einzelnen Kammern sind durch weite Bleirohre miteinander verbunden und zu einem Systeme vereinigt. Mit einem solchen Systeme ist man im Stande, rund 10.000 kg sogenannte „Kammersäure" binnen 24 Stunden herzustellen.



Cascadenapparat.

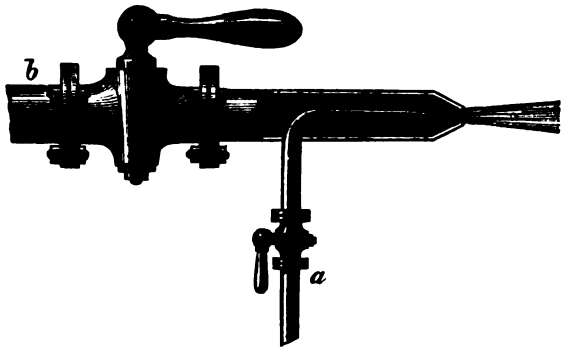
Die Röstgase treten zwar schon mit Stickoxyd beladen in die erste Kammer ein, doch ist es, um die unvermeidlichen Verluste zu compensiren, stets erforderlich, noch weitere Stickstoffverbindungen zuzuführen. Es geschieht dies, indem man in geeigneter Weise die Gase mit Salpetersäure in Berührung bringt, wobei sich Stickoxyd bildet, welches dann in den Kreisproceß eintritt. Die Salpetersäure wird entweder in einer besonderen Abtheilung der Kiesröstöfen aus Chilisalpeter und Schwefelsäure entwickelt, oder man bringt Salpetersäure in die erste Bleikammer. In diesem Falle ist es jedoch nöthig, daß man sie den Gasen in einer sehr großen Oberfläche darbietet. Um dies zu erreichen, bedient man sich der sogenannten „Cascadenapparate".

Es sind dies treppenförmig übereinander aufgestellte flache Steingutschalen, deren oberste mit Salpetersäure gefüllt wird. Von da fließt die Säure auf die nächste, tieferstehende Schale, von dieser auf die dritte u. s. f.

Hier findet also eine innige Berührung zwischen der schwefligen Säure und der Salpetersäure statt, und wie wir schon erwähnten, wirken diese derart aufeinander ein, daß Stickoxyd und Schwefelsäure entstehen. Gleichzeitig wird aber

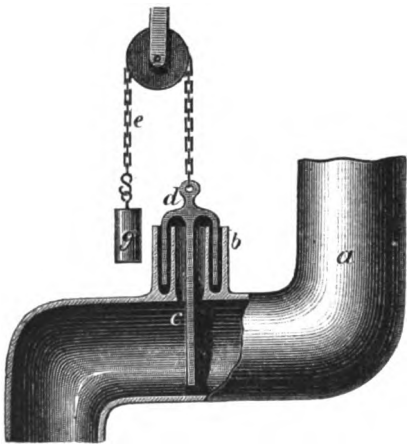
Digitized by Google

auch Wasserdampf in die Kammer geleitet und Luft eintreten gelassen; alle Kammern stehen untereinander und endlich mit einem Schlote in Verbindung, welcher im Kammersysteme einen Luftzug erzeugt, der das Weiterrücken der Gase ermöglicht.




Zerstäuber.
a Dampf-, b Wasserzuleitung.

Das Wasser muß den Gasen aber in fein vertheilter Form dargeboten werden; man läßt es daher mit Dampf, der in Dampfkesseln erzeugt wird, durch Zerstäubungsapparate eintreten. Solche Zerstäuber werden in entsprechender Anzahl an den Kammerwänden angebracht, die Ausströmung des Wasserdampfes erfolgt in der Richtung des Gasstromes, der dadurch ebenfalls beschleunigt wird. Die Luft läßt man durch Rohre einströmen, deren Querschnitt durch Schiebvorrichtungen erweitert oder verengt werden kann.




Regulator für die Luftzuführung.
a Rohr, c, d Schieber, b hydraulischer Verschluß, e g Kette und Gegengewicht.

Die Umwandlung der schwefligen Säure in Schwefelsäure verläuft am lebhaftesten in der ersten Kammer, in welcher sich ungefähr 74% der gesammten Säuremenge bilden, die Säure sammelt sich am Boden der Kammer an, und wird von hier zur weiteren Reinigung und Concentration abgeleitet. Die hier nicht oxydirte schweflige Säure tritt in die zweite Kammer ein, wo abermals Luft und Wasserdampf eintritt u. s. f. In der letzten Kammer ist dann keine schweflige Säure mehr vorhanden, dagegen ist sie mit den rothbraunen Dämpfen des Stickstoffdioxyds erfüllt.

Wollte man dieses entweichen lassen, so würde dies, abgesehen von anderen Unzukömmlichkeiten, bedeutende Verluste bedingen. Zur Wiedergewinnung dieser Salpetergase dient der Gay-Lussacthurm, der in seiner Wirkung jener des Gloverthurmes entgegengesetzt ist.

Die Einrichtung des Gay-Lussacthurmes ist ganz die gleiche wie jene des Gloverthurmes. Auch er trägt ein Reservoir, welches mit Schwefelsäure ge-

Digitized by Google

füllt wird, welche über die Coaksfüllung herabrieselt, von unten treten die Gase aus der letzten Kammer ein und werden von der Säure absorbirt. Diese gelangt dann als „Nitrose" auf den Gloverthurm, dessen Bestimmung wir schon kennen gelernt haben.

Die aus den Bleikammern abgeleitete Säure, die „Kammersäure" enthält circa 64% Säure, und ist für die Zwecke mancher Industrien direct verwendbar. Zur weiteren Concentration wird die Kammersäure zunächst in gußeisernen oder in Bleipfannen eingedampft, und dadurch auf eine Concentration von ungefähr 77% gebracht. In den modernen Fabriken spielt jedoch die Herstellung dieser „Pfannensäure" nur eine untergeordnete Rolle, da, wie wir gesehen haben, der Gloverthurm ebenfalls schon eine concentrirtere, für viele Zwecke brauchbare Säure liefert.

Die für den Handel bestimmte Säure wird vor dem Eindampfen jedoch gereinigt, denn die rohe Säure enthält zahlreiche Verunreinigungen, wie Arsen, Selen, Eisen und Blei. Die Hauptmenge des Bleies kann durch Verdünnen der Säure entfernt werden, denn schwefelsaures Blei ist nur in der concentrirten Säure löslich, wird sie mit Wasser verdünnt, so scheidet es sich ab. Eine Verdünnung muß jedoch auch vorgenommen werden, ehe an die Entfernung des Arsens geschritten werden kann.

Die Abscheidung des Arsens bewirkt man durch Schwefelwasserstoff, wobei sich unlösliches Schwefelarsen bildet. Der Schwefelwasserstoff wird aus Schwefeleisen und verdünnter Schwefelsäure entwickelt; um eine innige Berührung der Säure mit dem Schwefelwasserstoffgase zu erzielen, findet auch hier das Thurmsystem Anwendung. Die zu reinigende Säure läuft von einem Reservoir aus über einen dem Gloverthurme ganz ähnlich construirten Thurm, in welchem von unten Schwefelwasserstoffgas eingeleitet wird. Die gereinigte Schwefelsäure nebst dem ausgefällten Schwefelarsen sammelt sich in einem Reservoir, und nach dem Absitzen wird die klare Säure abgehebert.

Auf diese Weise ist es jedoch nicht möglich, alles Arsen vollständig zu entfernen. Um daher eine wirklich arsenfreie Schwefelsäure darzustellen, muß man von einem arsenfreien Rohmaterial, also von Schwefel, und nicht von Kiesen ausgehen.

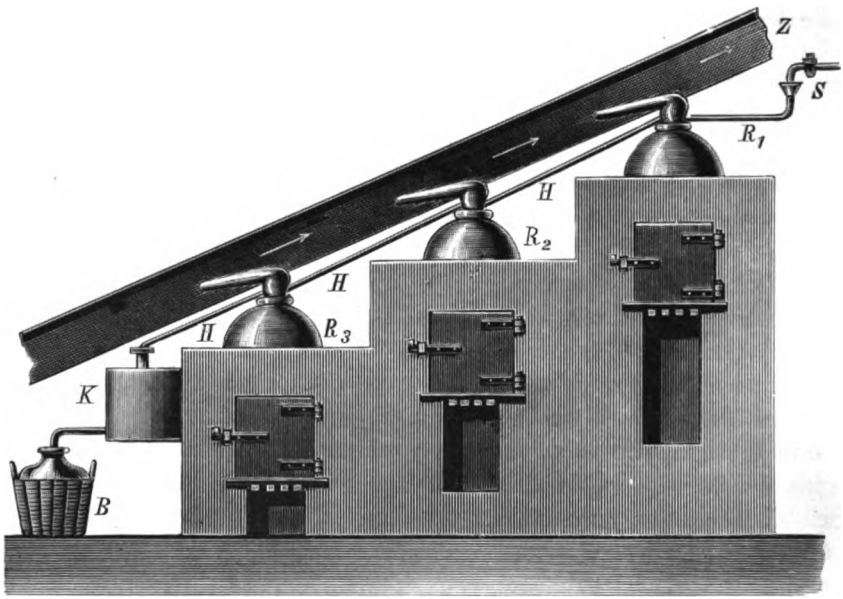
Die der Hauptsache nach von Arsen und Blei befreite Säure, welche vor dieser Operation verdünnt werden mußte, wird nun durch Eindampfen concentrirt, wozu zunächst Bleipfannen dienen. Bei einer gewissen Concentration beginnt aber die heiße Schwefelsäure das Blei stark anzugreifen, und das Concentriren muß daher in Glasgefäßen oder aber in Platinapparaten fortgesetzt werden.

Die Glasretorten werden hauptsächlich dort zum Eindampfen der Schwefelsäure verwendet, wo das Glas sehr billig ist und sich Glasfabriken in der Nähe befinden. Die Glasgefäße, welche ungefähr 140 l Säure aufzunehmen vermögen, müssen sehr sorgfältig geblasen sein, da sie sonst sofort springen würden, was übrigens das Ende fast jeder solchen Retorte ist. Der Hals dieser Retorten ist kurz und weit, nach der Füllung wird erst der Helm aufgesetzt, durch welchen die Wasserdämpfe entweichen. Jede dieser Glasretorten steht in einem Sandbade, um

Digitized by Google

eine gleichmäßige Erwärmung zu ermöglichen. Daß in diesen Destillirräumen jeder Luftzug, der das Springen der Retorten bedingen würde, die auf eine sehr hohe Temperatur erhitzt werden müssen, sorgfältig vermieden wird, ist wohl selbstverständlich.

Man hat auch Einrichtungen getroffen, um die Concentrirung der Schwefelsäure in Glasretorten ohne die durch das Entleeren und Füllen bedingte Unterbrechung vornehmen zu können. Zu diesem Zwecke hat man drei Glasretorten auf einem treppenförmig aufgebauten Herde übereinander angeordnet; die Helme dieser Retorten münden in den gemeinschaftlichen Canal Z. Zunächst werden die Re-




Glasretorten zur Concentrirung der Schwefelsäure.

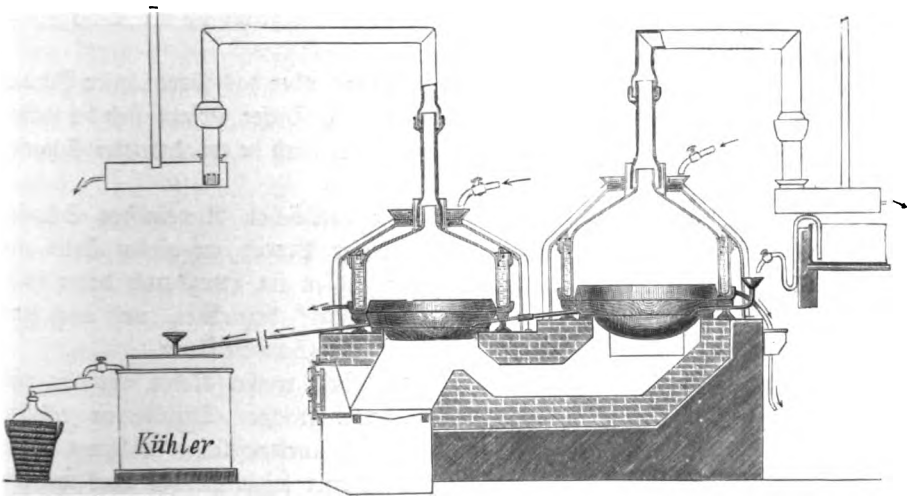
torten gefüllt und in ihnen die Schwefelsäure durch Eindampfen auf eine bestimmte Concentration gebracht. Ist diese erreicht, so verbindet man die drei Retorten $R_1$, $R_2$ und $R_3$ durch die Heber H, und läßt durch den Hahn S continuirlich Kammersäure in die oberste Retorte einfließen, während aus $R_3$ dann, so lange das System im Gange ist, Säure der gewünschten Concentration durch das Kühlgefäß K nach der Korbflasche B abfließt.

Glasgefäße können aber nur zur Erzeugung einer Säure mit 91 bis 92% Schwefelsäure dienen; um stärkere Säure darzustellen, muß die Concentrirung unbedingt in Platinapparaten vorgenommen werden.

Auch die Construction dieser sogenannten „Platinapparate", deren Werth in halbwegs größeren Fabriken ein Capital von 30.000 bis 40.000 Mark repräsentirt, hat im Laufe der Jahre manche Verbesserung erfahren. Ursprünglich

Digitized by Google

ertheilte man ihnen die Form gewöhnlicher Destillirblasen, die Säure stand in ihnen sehr hoch, und das Concentriren konnte nur relativ langsam erfolgen. Die neueren Platinapparate sind weitaus flacher gehalten, so daß auch die Säureschicht wesentlich flacher ist, außerdem ist bei vielen Constructionen der Querschnitt des Kessels nicht rund, sondern rechteckig mit abgerundeten Ecken. Ursprünglich waren die Platinapparate mit Gold gelöthet, wodurch die Kosten eines solchen Kessels noch wesentlich vertheuert wurden, jetzt hat man gelernt, Platin selbst zur Löthung zu verwenden. Ein weiterer Fortschritt war endlich der, daß man nur jene Theile des Apparates, welche direct mit der concentrirten Schwefelsäure in Berührung kommen, aus Platin verfertigt, also den Boden und die niederen Seitenwände der Pfannen, den Helm selbst verfertigt man aus Blei, giebt ihm aber nicht die übliche Form der Retorten-




Platinapparat von Faure-Keffler.

helme, sondern eine domförmige Gestalt, wobei das Ableitungsrohr für die Dämpfe von der höchsten Stelle abzweigt. Nach diesem Principe ist der Apparat von Faure und Kessler construirt, welchen die obenstehende Abbildung veranschaulicht.

Die in einer Bleipfanne concentrirte Schwefelsäure fließt in die erste große Platinschale, deren größter Durchmesser etwa 90 cm beträgt. Hier wird die Säure auf einen Gehalt von circa 86% gebracht, dann fließt sie nach der kleineren Pfanne ab, welche im Gegensatze zu der größeren einen flachen Boden besitzt, hier wird sie auf einen Gehalt von rund 96% Schwefelsäure gebracht. Jede dieser Platinpfannen hängt in einem eisernen Ringe, so daß die gesammte Bodenfläche vom Feuer bespült wird. Gewöhnlich wird nur die kleinere Pfanne direct geheizt, und es ist eine Einrichtung vorhanden, welche die Feuerungsgase auch unter die größere Pfanne führt.

Jede der beiden Pfannen ist mit einem erhöhten Rande versehen und trägt dort eine ringförmige Rinne, welche zur Aufnahme des Domes bestimmt ist. Der

Digitized by Google

Dom selbst, welcher aus Blei verfertigt wird, ist doppelwandig, in diesen Zwischenraum wird zur Abkühlung kaltes Wasser geleitet. Er hängt in einem schmiedeeisernen Gerüste, so daß sein unterer Rand zwar in die Rinne der Platinpfanne hineinragt, jedoch in dieser nicht aufliegt. Die sich an der Innenseite des Domes condensirende Säure fließt in die Rinne und stellt hier einen hydraulischen Verschluß her.

Von der höchsten Stelle des Domes zweigt das Ableitungsrohr für die nicht condensirten Dämpfe ab, es führt nach einem flachen Kasten, auf dessen Boden sein ausgezackter Rand aufsteht. Diese Einrichtung hat den Zweck, im Falle eines verminderten Druckes in der Pfanne der Luft den Zutritt zu ermöglichen.

Die sich in den Bleihelmen condensirende, in die Rinnen fließende Säure wird aus diesen continuirlich abgezogen, während die concentrirte Säure in einen Kühler besonderer Construction fließt, aus welchem sie direct in die Säureballons gelangt.

Die sogenannte „rauchende Schwefelsäure" oder das Nordhäuser Vitriolöl wird durch Destillation von Eisenvitriol dargestellt. Dieser zersetzt sich bei starkem Erhitzen in Eisenoxyd und Schwefeltrioxyd, letzteres wird in concentrirter Schwefelsäure aufgefangen.

Nach diesem Verfahren stellten schon die arabischen Alchemisten Schwefelsäure dar, und auch im Mittelalter wurde dieser Proceß an vielen Orten ausgeführt. Die Hauptverkaufsstelle war aber Nordhausen im Harz und daher wurde diese Säure im Handel als „Nordhäuser Vitriolöl" bezeichnet, und auch heute noch hört man vielfach den Ausdruck „Vitriol" für Schwefelsäure.

Rauchende Schwefelsäure, welche an der Luft weiße Nebel ausstößt, wird auch aus den sogenannten Vitriolschiefern durch trockene Destillation erhalten. Diese Schiefer, welche sich besonders häufig im nordwestlichen Böhmen finden, enthalten bis zu 30% Schwefelkies; dieser verwittert leicht an der Luft und geht dabei in Eisenvitriol über, der sich dann bei der Destillation zersetzt.

Eine interessante Verbindung, welche ebenfalls technisch dargestellt wird, ist das Schwefeltrioxyd oder Schwefelsäureanhydrit. Es bildet eine weiße, schneeartige Masse, welche an der Luft dichte Wolken weißer Nebel ausstoßt. Die Darstellung erfolgt nach dem Winkler'schen Verfahren auf synthetischem Wege.

Und zwar geht Winkler in der Weise vor, daß er zunächst concentrirte Schwefelsäure in glühende, mit Quarzstücken gefüllte Retorten bringt. Unter dem Einflusse der hohen Temperatur zerfällt die Schwefelsäure in Wasserdampf, Schwefeldioxyd und Sauerstoff. Leitet man nun dieses Gasgemisch durch concentrirte Schwefelsäure, so hält diese das Wasser zurück, die schweflige Säure und der Sauerstoff passiren dann Porzellanröhren, welche innen glasirt und mit platinirtem Asbest gefüllt sind. Das feinvertheilte Platin besitzt, wie wir wissen, die Eigenschaft, Gase auf seiner Oberfläche zu verdichten. Diesem Umstande ist es zuzuschreiben, daß schon bei kaum sichtbarer Rothglut sich die schweflige Säure mit dem Sauerstoffe wieder verbindet, und zwar da kein Wasser zugegen ist, zu Schwefel-

Digitized by Google

trioxyd. Dieses wird dann in eine Bleikammer geleitet, wo es sich condensirt, oder es dient zur Darstellung rauchender Schwefelsäure, indem man es in gewöhnlicher concentrirter Schwefelsäure auffängt.

Die reine concentrirte Schwefelsäure ist eine schwere, farblose ölige Flüssigkeit, welche sehr hygroskopisch ist und allen Körpern organischer Natur, mit welchen sie in Berührung kommt, Wasser entzieht, wobei diese verkohlt werden. Man verwendet sie daher als Trockenmittel, um Gase zu trocknen. Wird concentrirte Schwefelsäure mit Wasser verdünnt, so findet eine bedeutende Wärmeentwickelung statt, welche so stark sein kann, daß sich Dampf entwickelt und Theile der Flüssigkeit umhergeschleudert werden. Das Verdünnen der Schwefelsäure muß daher stets sehr vorsichtig und immer in der Weise erfolgen, daß man die Säure in dünnem Strahle in das Wasser fließen läßt.

Die Schwefelsäure wird zu den verschiedensten Zwecken verwendet. Wir werden kaum einen Zweig der chemischen Industrie finden, welcher nicht der Schwefelsäure bedarf, und einzelne Verwendungsarten haben wir schon kennen gelernt. So dient Schwefelsäure in der Phosphorfabrikation zur Zerlegung des phosphorsauren Kalkes, sie wird im Gemische mit Salpetersäure zur Nitrirung verwendet, die Rohöle werden mit Schwefelsäure gereinigt u. s. f., zahlreiche andere Verwendungsarten werden wir noch kennen lernen, und wir machen uns keiner Uebertreibung schuldig, wenn wir sagen, daß ohne die Schwefelsäure die chemische Industrie niemals jene Höhe hätte erreichen können, deren sie sich heute erfreut.

Interessant, wenn auch technisch nicht von Bedeutung ist es, daß die Schwefelsäure auch im freien Zustande fertig gebildet in der Natur vorkommt. So wurde sie in Dämpfen und Quellen nachgewiesen, welche im vulcanischen Terrain entspringen, und das Wasser des Rio vinagre, dessen Quellen am Fuße des noch thätigen Vulcanes Purace in den mittleren Cordilleren Süd-Amerikas liegen, enthält 0·11% freie Schwefelsäure und 0·09% freie Salzsäure. Dieser Fluß ergießt sich in den Rio Cauca, und führt diesem pro Tag etwa 38.000 kg dieser beiden Säuren zu. Ja selbst im Secrete der Speicheldrüsen einiger Mollusken, namentlich von Dolium galea, und einiger Schnecken konnte freie Schwefelsäure in einer Menge bis zu 4% nachgewiesen werden. — —

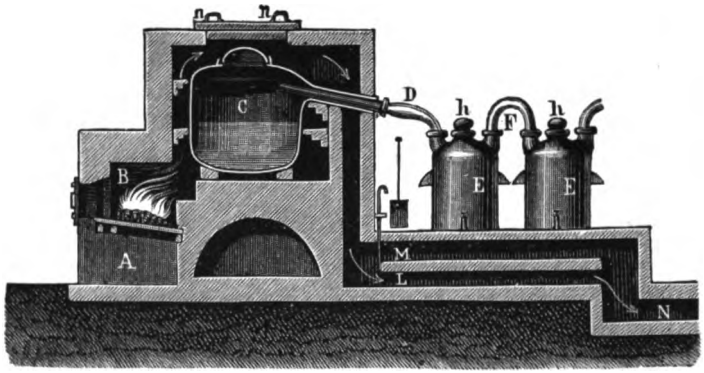
Läßt man den elektrischen Funken durch ein Gemenge von Stickstoff, Sauerstoff und Wasserdampf schlagen, so bildet sich in geringer Menge eine Säure, welche man als Salpetersäure bezeichnete. Diese Verhältnisse sind bei Gewittern in der Atmosphäre gegeben, und es gelingt auch thatsächlich, im Regenwasser bei Gewittern stets geringe Mengen Salpetersäure nachzuweisen.

Ferner entsteht Salpetersäure durch die Verwesung organischer stickstoffhaltiger Substanzen bei Gegenwart von Alkalien, und diese Verhältnisse haben wir schon bei Besprechung der Salpeterlager kennen gelernt. Desgleichen wissen wir, daß auch gewisse Mikroorganismen im Stande sind, den Stickstoff organischer Substanzen, ja einzelne sogar den Luftstickstoff zu Salpetersäure zu verarbeiten.

Digitized by Google

Alle diese Bildungsweisen der Salpetersäure können jedoch zur technischen Gewinnung dieser hochwichtigen Säure nicht angewendet werden, vielmehr gewinnt man sie im Großen aus dem Chilisalpeter, indem man ihn durch Schwefelsäure zersetzt.

Der Chilisalpeter ist, wie wir wissen, salpetersaures Natrium. Erhitzt man ihn mit Schwefelsäure, so verbindet sich diese mit dem Natrium zu schwefelsaurem Natrium, während die Salpetersäure frei wird. Dieser Proceß spielt sich jedoch in zwei Phasen ab. Zunächst ersetzt das Natrium nur je ein Wasserstoffatom der Schwefelsäure, und es entsteht eine Verbindung, welche je ein Atom Wasserstoff, Natrium, Schwefel und vier Atome Sauerstoff enthält, das saure schwefelsaure Natrium, wobei auch nur die Hälfte der theoretisch gewinnbaren Menge Salpetersäure in Freiheit gesetzt wird. Erst bei höherer Temperatur setzt sich das saure schwefelsaure Natrium mit einer weiteren Menge Salpeter um, wobei dann schwefel-




Darstellung der Salpetersäure.

saures Natrium entsteht, und abermals Salpetersäure ausgetrieben wird. Bei dieser hierzu erforderlichen höheren Temperatur erleidet jedoch auch die Salpetersäure eine theilweise Zersetzung, es tritt Stickstoffdioxyd auf, welches die Salpetersäure roth färbt. Darauf ist bei der Darstellung der reinen Salpetersäure Rücksicht zu nehmen, andererseits benützt man aber auch dieses Verhalten, um die rothe, rauchende Salpetersäure darzustellen.

Die fabriksmäßige Darstellung der Salpetersäure geschieht also in der Weise, daß man ein gegebenes Quantum Salpeter mit der zu seiner Zersetzung hinreichenden Menge Schwefelsäure mischt und das Gemisch aus geeigneten Gefäßen destillirt. Früher wurden hierzu ganz allgemein Glasretorten verwendet. Da diese jedoch sehr leicht springen, verwendet man zur Durchführung dieses Processes jetzt gußeiserne Retorten oder Steinguttöpfe. Die obenstehende Abbildung veranschaulicht eine solche Anlage.

Das Gemisch von Salpeter und Schwefelsäure wird in der Retorte C hergestellt, diese wird von dem Feuerraume B aus erhitzt; A ist der Aschenfall. Aus

Digitized by Google

der Retorte führt das Steingutrohr D nach den Condensationstöpfen oder Bombonnes E. Es sind dies dreihalsige Steinguttöpfe, deren je zwei durch bogenförmige Thonröhren F verbunden sind, die dritte Oeffnung h wird durch einen eingekitteten Thonpfropf verschlossen. Um das Springen dieser Bombonnes durch das Eintreten der heißen Salpetersäuredämpfe zu verhüten, werden sie vor Beginn der Destillation vorgewärmt; zu diesem Zwecke stehen sie auf dem Canale MNL, welcher nach Oeffnung eines Schiebers von den Feuerungsgasen durchzogen und erwärmt wird.

Es mag vielleicht sonderbar scheinen, daß zur Darstellung der Salpetersäure eiserne Retorten verwendet werden, wo doch Eisen von verdünnter Salpetersäure gelöst wird. Gegenüber concentrirter Salpetersäure zeigt jedoch das Gußeisen ein eigenthümliches Verhalten, welches man als „Passivität" bezeichnet, und welches darin besteht, daß das Eisen nicht angegriffen wird. Es bildet sich nämlich auf der Oberfläche des Eisens eine dünne Schicht von Eisenoxyd, welche der Salpetersäure Widerstand leistet und die tiefer liegenden Partien vor Veränderungen schützt.

Die zur Verdichtung der Salpetersäure bestimmten Bombonnes werden zum Theile mit Wasser oder verdünnter Säure gefüllt, um die Condensation der Dämpfe zu erleichtern. Da jedoch stets noch uncondensirte Dämpfe und besonders Untersalpetersäure (Stickstoffdioxyd) entweichen, leitet man das Rohr aus dem letzten Condensationstopf in einen niederen, aus Thonplatten erbauten Thurm, welcher mit Coaksstücken gefüllt ist, über welche Wasser oder Schwefelsäure rieselt. Im ersten Falle erhält man verdünnte Salpetersäure, im zweiten dagegen nitrose Schwefelsäure, welche wieder in Schwefelsäurefabriken verwendet wird.

Eine Verbesserung dieser Condensationsvorrichtungen hat man dadurch erreicht, daß man die Töpfe terrassenförmig übereinander aufstellte, und sie in der dem Gasstrome entgegengesetzten Richtung von verdünnter Salpetersäure durchfließen ließ, so daß also die stärkste Säure in dem der Retorte zunächst stehenden Topfe mit den heißen Dämpfen in Berührung kam, während im letzten Topfe die noch nicht condensirten Reste von einer noch verdünnten Säure aufgenommen wurden, welche sich auf ihrem Wege durch die Töpfe immer mehr anreichert. Aus dem ersten Topfe floß dann continuirlich eine hoch concentrirte Säure ab.

Alle diese Condensationsvorrichtungen werden jedoch durch den Guttmann-Rohrmann'schen Apparat bedeutend übertroffen. Er besteht aus einem Systeme aufrechtstehender, dünnwandiger, etwa 2·5 m hoher U-förmiger Thonrohre, welche in den Kammern eines schrägliegenden Thonrohres stehen, durch welches die condensirte Salpetersäure abfließt. An diese Vorrichtung schließt sich endlich noch ein Lunge-Rohrmann'scher Plattenthurm, über dessen durchlochte Platten Wasser oder Schwefelsäure herabrieselt, um die nicht condensirten Antheile aufzunehmen. Die durchlochten Platten des Plattenthurmes ersetzten die Coaksstücke in den Thürmen älteren Systemes, sie haben den Vortheil, daß eine sehr innige Berührung zwischen den Gasen und der Flüssigkeit erzielt wird; nebenbei bemerkt, finden sie

Digitized by Google

vielfach auch schon in der Schwefelsäurefabrikation an Stelle der Gay-Lussac- und der Gloverthürme Anwendung.

Die Salpetersäure enthält stets Untersalpetersäure beigemengt, welche nebst der gewöhnlich ebenfalls vorhandenen Salzsäure in der Weise entfernt wird, daß ein Luftstrom durch die erwärmte Säure geblasen wird. Diese „gebleichte Salpetersäure" ist dann allerdings frei von den Oxyden des Stickstoffes, da jedoch deren Menge bis zu 3% betragen kann, besonders wenn man hochconcentrirte Säure darstellen will, so bedingt dies einen nicht unempfindlichen Verlust.

Auch dagegen schützt eine Erfindung Rohrmann's. Durch gleichzeitige Einwirkung von Luft und Wasserdampf läßt sich nämlich die Untersalpetersäure in Salpetersäure überführen, und Rohrmann erreicht dies in der Weise, daß er in die Dämpfe, unmittelbar nachdem sie die Retorte verlassen, auf 70 bis 80° vorgewärmte Luft mittelst eines Injectors einbläst. Da die Dämpfe ohnedies Wasserdampf neben Salpetersäure enthalten, vollzieht sich die Umwandlung der Untersalpetersäure in Salpetersäure so vollständig, daß eine Säure mit etwa 96% Salpetersäure nur mehr 1% Untersalpetersäure enthält. Dieses Verfahren besitzt aber noch den großen Vortheil, daß es eine raschere Abführung der Dämpfe aus der Retorte ermöglicht, wodurch die Destillation bei einer etwas niederen Temperatur verläuft, und sich auch die Zersetzung der Salpetersäure vermindert.

Will man dagegen die rothe rauchende Salpetersäure erhalten, so wird die Temperatur in der Retorte absichtlich gesteigert, um eine größere Menge Salpetersäure zum Zerfalle zu bringen, die entstehende Untersalpetersäure löst sich dann in der Salpetersäure auf und ertheilt dieser eine roth-gelbe Färbung. Sie besitzt eine noch energischere Wirkung gegenüber organischen Substanzen, welche zerstört werden, wie die reine, farblose Säure. Die Wirkung der Salpetersäure beruht darauf, daß sie sehr stark sauerstoffabgebend, oxydirend wirkt, es findet also gewissermaßen eine Verbrennung statt. Auf die Haut gebracht, zerstört sie diese und die betreffende Stelle nimmt eine gelbe Farbe an. Gegenüber manchen Stoffen, wie beispielsweise Baumwolle oder Glycerin, wirkt sie jedoch in anderer Weise, und zwar „substituirend", d. h. es tritt an Stelle von Wasserstoff eine Atomgruppe aus der Salpetersäure, bestehend aus einem Atome Stickstoff und zwei Atomen Sauerstoff, „Nitrogruppe" geheißen.

Im Volksmunde ist die Salpetersäure gewöhnlich unter dem Namen „Scheidewasser" bekannt. Diese Bezeichnung stammt daher, da Salpetersäure aus einem Gemenge von Gold und Silber nur das Silber auflöst, das Gold jedoch unverändert läßt, wodurch das Gold vom Silber geschieden wird. Im Gemenge mit Salzsäure dagegen bildet sie das „Königswasser", welches das Gold, den König der Metalle, aufzulösen vermag. Diese Wirkung beruht darauf, daß eine solche Mischung freies Chlor enthält, welches das Gold löst. Das Auftreten des freien Chlors im Königswasser ist aber auch nur auf die oxydirende Wirkung der Salpetersäure zurückzuführen. Sie oxydirt nämlich den Wasserstoff der Salzsäure zu Wasser, wodurch das Chlor in Freiheit gesetzt wird; außerdem treten auch niedere

Digitized by Google

Oxydationsstufen des Stickstoffes auf, welche sich mit dem freien Chlor verbinden.

Werden gleiche Raumtheile Chlorgas und Wasserstoff gemengt, so wirken sie, unter Abschluß des Lichtes aufbewahrt, nicht aufeinander ein. Setzt man ein solches Gemenge jedoch dem zerstreuten Tageslichte aus, so vereinigen sich beide Gase langsam zu einer Verbindung, dem Chlorwasserstoffe oder der Salzsäure, welche aus Chlor und Wasserstoff besteht. Wird jedoch ein Glasgefäß, welches Chlorgas und Wasserstoff enthält, vom directen Sonnenlichte getroffen, so erfolgt die Verbindung plötzlich explosionsartig und unter Feuererscheinung, in ganz ähnlicher Weise, wie das sogenannte Knallgas, ein Gemisch von Wasserstoff und Sauerstoff, durch eine Flamme oder den elektrischen Funken zur Explosion gebracht wird. Dieser Eigenschaft wegen wird ein Gemenge von Chlor und Wasserstoff auch als „Chlorknallgas" bezeichnet.

Bei Lampenlicht erfolgt die Vereinigung von Chlor und Wasserstoff nur sehr langsam, ebenso plötzlich wie im directen Sonnenlichte jedoch dann, wenn brennender Magnesiumdraht, der bekanntlich ein sehr intensives Licht ausstrahlt, als Lichtquelle verwendet wird. Diese Thatsachen führten zu einer interessanten Beobachtung, nämlich, daß nicht das Licht als solches, sondern gewisse Strahlengattungen chemische Wirkung auszuüben vermögen.

Wenn wir das Sonnenlicht ein Glasprisma passiren lassen, und es dadurch in seine verschiedenfarbigen Strahlengattungen zerlegen, so sehen wir, daß das Sonnenlicht sehr reich an blauen und violetten Strahlen ist, während das Licht unserer gewöhnlichen Lampen nur relativ wenig solcher Strahlen aussendet. Das Magnesiumlicht ist dagegen reich an violetten und blauen Strahlen, und diese Beobachtung führt schon zu der Vermuthung, daß gerade die violetten und blauen Strahlen die chemische Wirkung ausüben.

Diese Vermuthung läßt sich aber durch einen weiteren Versuch erhärten. Schalten wir zwischen dem Gefäße, welches mit Chlorknallgas gefüllt ist, und dem Magnesiumdrahte eine blaue Glasscheibe ein, so erfolgt nach dem Entzünden des Drahtes die Vereinigung zu Chlorwasserstoff genau wie sonst. Entzieht man aber dem Magnesiumlichte die blauen und violetten Strahlen, indem man das Licht eine rothe oder gelbe Glasscheibe passiren läßt, so tritt die Explosion nicht ein. Speciell den violetten und blauen Strahlen kommt also die Eigenschaft zu, chemische Wirkungen zu äußern, und diese Strahlen sind es auch, welche in der Camera des Photographen die Zerlegung des Chlor- und Bromsilbers bewirken, und das durch die Linse fallende Bild auf die Platte bannen.

Zur Darstellung der Salzsäure im Großen bedient man sich jedoch nicht des Verhaltens von Chlor und Wasserstoff, sich zu Chlorwasserstoff zu vereinen. Vielmehr gewinnt man die Salzsäure in einfacher Weise durch Zerlegung ihrer Salze, besonders des Chlornatriums oder des Kochsalzes durch Schwefelsäure. Es findet also eine ähnliche Reaction statt, wie sie zur Gewinnung von Salpetersäure verwendet wird. Auch hier verdrängt die stärkere Schwefelsäure die schwächere



Digitized by Google

Salzsäure aus ihren Salzen, wobei Salzsäure entweicht und schwefelsaures Natrium den Rückstand bildet.

Während aber die Salpetersäure um ihrer selbst willen dargestellt wird, ist die Salzsäure das Nebenproduct einer gewaltigen chemischen Industrie, welche wir noch genau kennen lernen werden, nämlich der Bereitung der Soda nach dem Verfahren von Leblanc.

Hier wird zunächst Kochsalz durch Erhitzen mit Schwefelsäure in schwefelsaures Natrium umgewandelt, welches dann, mit Kohle und Kalkstein geglüht, in kohlensaures Natrium (Soda) übergeht. Und bei der Darstellung des schwefelsauren Natriums wird Salzsäure als Nebenproduct erhalten.

Gleich dem Steinkohlentheere war auch die Salzsäure ursprünglich eine verkannte Substanz, für welche man keine Verwendung wußte. Die Sodafabrikanten ließen sie daher, so lange diese Industrie noch in den Kinderschuhen stak, einfach in die Luft entweichen. Die Sodaindustrie gewann aber bald an Ausdehnung und Bedeutung, und nun wurden plötzlich an allen Orten Klagen über Schädigungen der Vegetation durch die Salzsäure laut. Diese Klagen waren leider nur zu sehr begründet, denn die Salzsäure zerstörte die Blattorgane, und in kurzer Zeit glichen die früher grünen Gefilde in der Umgebung der Sodafabriken öden Wüsteneien, auf denen kaum kümmerlicher Graswuchs, geschweige denn Bäume oder Sträucher gediehen.

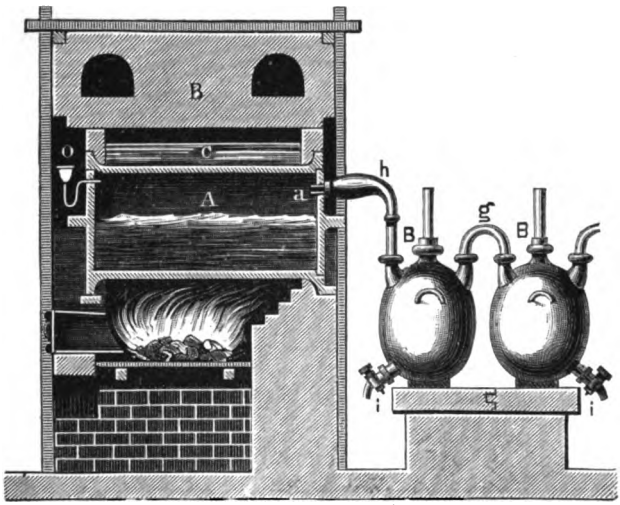
Mit den Klagen der Umwohner war es jedoch nicht abgethan, sie verlangten auch Entschädigungen von den Sodafabrikanten, welche ihnen, und zwar mit vollem Rechte zugesprochen wurden; die Sodafabrikanten sannen aber nun auf Mittel und Wege, um die Salzsäure unschädlich zu machen.

Der nächste Weg, welchen man einschlug, bestand darin, hohe Schlote zu errichten, und so die Salzsäuredämpfe in höhere Luftschichten zu entführen. Es wurden gewaltige Schlote mit 100 und 150 m Höhe unter Aufwendung bedeutender Kosten erbaut, der Erfolg war aber vollständig negativ. Denn die Salzsäure blieb nicht, wie man angenommen hatte, in den höheren Luftschichten und wurde dort vom Winde vertheilt, sondern sie senkte sich als dichter Nebel zur Erde, und der Umkreis, auf welchem die Vegetation beschädigt wurde, war nun größer als vorher.

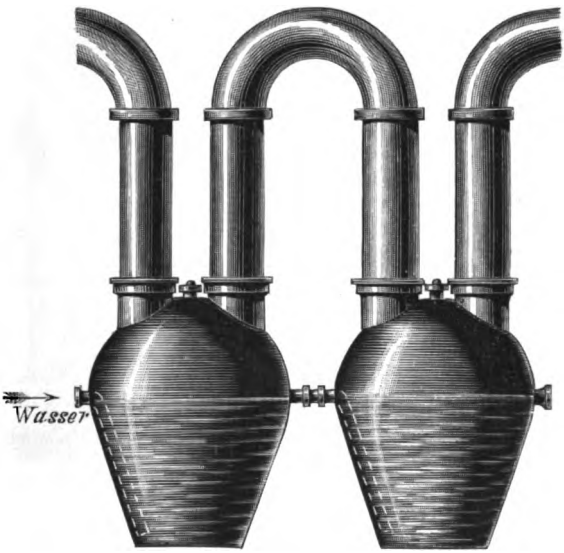
Es blieb den Sodafabrikanten also nur der eine Ausweg offen, das Salzsäuregas durch Condensation in wässerige Salzsäure zu verwandeln, doch auch darin thaten sie nur das Allernothwendigste, um den Klagen und der Zahlung der Entschädigungen zu entgehen, einen Werth oder eine praktische Verwendung besaß damals die Salzsäure noch nicht. Man führte daher die Condensation nur in sehr oberflächlicher Weise aus, indem man die Gase einen langen Canal, einem Wasserstrome entgegen passiren ließ. Das Wasser nahm nun allerdings einen Theil der Gase auf, und die entstehende schwache Salzsäure wurde in natürliche Wasserläufe geführt, der größte Theil des Salzsäuregases entwich aber nach wie vor in die Luft, und die Klagen nahmen nur unbedeutend ab.

Digitized by Google

Erst als im Jahre 1836 durch Gossage die Coaksthürme erfunden wurden, in welchen man das Salzsäuregas mit Wasser in innige Berührung brachte, wurde die Condensation in besserer Weise als bisher erreicht, doch waren diese Thürme meist unzweckmäßig gebaut, sie vermochten nicht alle Salzsäure zu condensiren, und noch immer entwich eine solche Menge, daß die Klagen der Landwirthe ihre volle Berechtigung hatten. Dazu kam noch, daß die Sodaindustrie immer mehr an Umfang gewann, und wenn nun auch die einzelnen Fabriken thatsächlich weniger Salzsäuregas als bisher in die Luft entsandten, so war doch die Gesammtmenge größer geworden als bisher. Da griff in zwei Staaten endlich die Gesetzgebung ein. So verfügte man in Belgien, daß die Erzeugung des schwefelsauren Natriums nicht mehr wie bisher in offenen Flammöfen, sondern nur in geschlossenen Muffelöfen geschehen dürfte, wodurch auch thatsächlich die uncondensirt entweichende Salzsäuremenge wesentlich vermindert wurde. Die englische „Alkali act" verlangte, daß nur 5% aller Salzsäure in die Luft geschickt werden dürfe, ein Verlangen, welches die Fabrikanten durch sorgfältige Condensation unschwer erreichen konnten.



Ofen zur Gewinnung der Salzsäure.



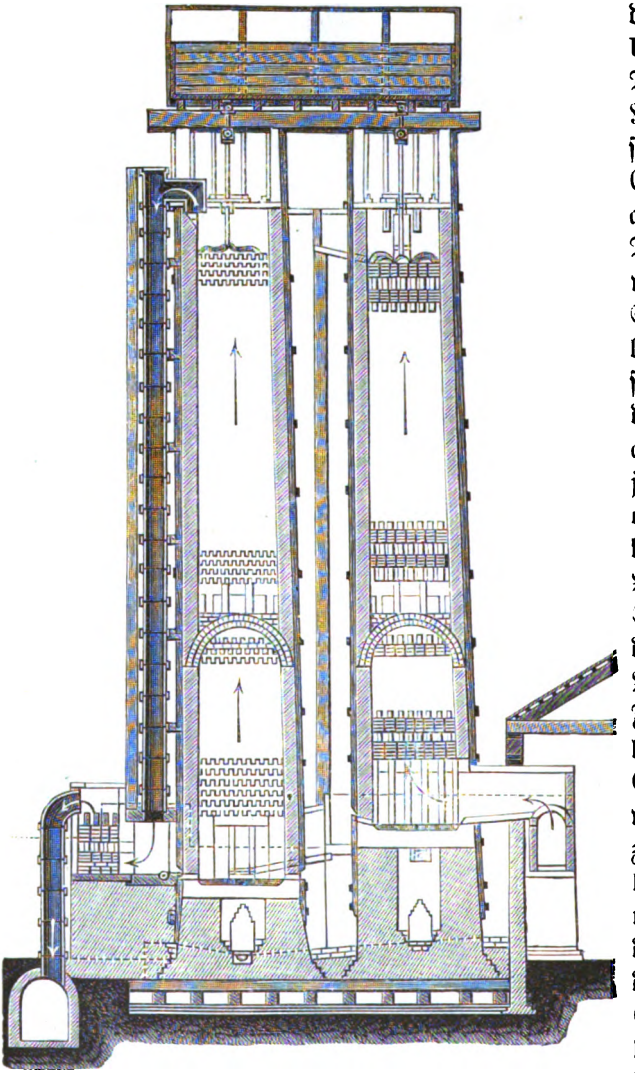
Condensationstöpfe für Salzsäuregas.

Inzwischen hatte man aber nach und nach die Salzsäure als werthvolle Substanz kennen gelernt, so daß es schon aus diesem Grunde im Interesse der Fabrikanten lag, dieses einst so lästige Nebenproduct so sorgfältig als möglich zu gewinnen.



Digitized by Google

Zur Gewinnung der Salzsäure und des schwefelsauren Natriums dient der auf Seite 179 abgebildete Apparat. In den gußeisernen Zersetzungscylinder A werden 200 kg Kochsalz und die erforderliche Menge Schwefelsäure gebracht, die Zugabe der Säure geschieht durch das Trichterrohr O, welches U-förmig umgebogen ist. Dadurch bleibt in diesem Rohr stets etwas Schwefelsäure zurück, welche das Entweichen von Dämpfen an dieser Stelle verhindert. Die Salzsäuredämpfe entweichen bei a durch das Steingutrohr h und gelangen nach den Condensationstöpfen BB, welche durch Rohre g untereinander verbunden sind. In jedem dieser Töpfe ist ein oben offenes Rohr eingekittet, welches bis unter das Niveau der Flüssigkeit reicht. Steigt der Druck in einem der Gefäße über ein gewisses Maximum, so wird die Flüssigkeit durch dieses Rohr herausgetrieben, und das Gas vermag dann zu entweichen. Die Feuerungsgase ziehen, nachdem sie den Cylinder A umspült haben, über den Calcinirraum C durch die Oeffnungen in dem Gewölbe B nach dem Schornsteine. Die Vorlagen BB können durch die Hähne i entleert werden.



Coaksthurm.

Die Condensationsvorrichtungen, deren man sich in den Sodafabriken bedient, bestehen ebenfalls aus einer langen Reihe solcher Condensationstöpfe, denen sich noch ein Coaksthurm anschließt. Ueber die Coaksstücke des am Ende der Condensationsanlage stehenden Thurmes rieselt Wasser herab, welches mit den von unten

Digitized by Google

aufsteigenden Dämpfen in Berührung kommt. Diese Dämpfe haben jedoch schon die Condensationstöpfe passirt, und enthalten daher nur mehr wenig Salzsäuregas. Wenn dieses aber mit reinem Wasser zusammentrifft, so ist die Möglichkeit am größten, daß nun auch diese Reste absorbirt werden. Die im Coaksthurme entstehende verdünnte Salzsäure tritt dann in die Condensationstöpfe ein, und zwar durchfließt sie diese in der dem Gasstrome entgegengesetzten Richtung, so daß in dem ersten, der Retorte am nächsten stehenden Thongefäße eine schon concentrirte Säure mit den Salzsäuredämpfen zusammentrifft. Diese vermag nur mehr wenig Salzsäure aufzunehmen, aus den frischen Gasen wird sie jedoch immer noch ein gewisses Quantum binden, so daß durch dieses Gegenstromprincip eine sehr vollständige Absorption ermöglicht wird. Die Coaksthürme besitzen die aus der nebenstehenden Abbildung ersichtliche Einrichtung.

Die Salzsäure findet in den verschiedensten Industrien Verwendung. Die Hauptmenge dient zur Darstellung von Chlor, Chlorkalk und Kaliumchlorat, dann zur Darstellung von Salmiak, zur Reinigung der Knochenkohle, zu metallurgischen Zwecken, dann wird sie in der Färberei und Zeugdruckerei, in der Theerfarbenindustrie und noch zu vielen anderen Zwecken verwendet. In kleinen Gaben wird reine Salzsäure auch als Arzneimittel verabreicht, um bei Verdauungsstörungen die dann im Magensafte fehlende Salzsäure künstlich zuzuführen.

Wir erwähnten, daß die Salzsäure ursprünglich ein den Sodafabrikanten höchst lästiges Nebenproduct war, dessen Werth man erst nach und nach kennen und würdigen lernte. Der Fabrikation der Soda nach dem Leblanc'schen Verfahren ist im Solvay-Sodaprocesse ein mächtiger Concurrent erwachsen, und bei der Gewinnung dieser „Ammoniaksoda", die wir noch kennen lernen werden, wird Salzsäure nicht gewonnen. Dieser Umstand hat bei der Bedeutung der Salzsäure diese gewissermaßen in den Leblanc-Sodafabriken zum Hauptproducte, die Soda aber zum Nebenproducte gemacht. Für die Bedeutung der Salzsäure ist es aber bezeichnend, daß man nun bestrebt ist, Verfahren zu ersinnen, welche die Gewinnung der Chlorwasserstoffsäure unabhängig von der Sodaindustrie ermöglichen soll. In dieser Richtung sind schon verschiedene Processe vorgeschlagen worden, ohne daß, wenigstens bisher, einer derselben sich in der Praxis einzubürgern vermochte, da die Gewinnung der Soda aus Kochsalz und Schwefelsäure heute unstreitig noch immer das einfachste und billigste Verfahren bildet.

Angesichts der großen Rolle, welche heute die Mineralsäuren in der chemischen Industrie spielen, interessirt es uns wohl auch zu erfahren, wie lange diese Verbindungen bekannt sind, und was für Anschauungen die Alten über die Natur der Säuren hegten.

Zu Beginn unserer Zeitrechnung war keine andere Säure bekannt als der Essig. Die Essigsäure ist aber eine organische Säure, sie enthält bloß Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, und entsteht bekanntlich sehr leicht, wenn alkoholhaltige Flüssigkeiten, beispielsweise Wein, sich selbst überlassen werden. Den Begriff „sauer" bezeichneten die Griechen sowohl wie die Römer entweder genau mit demselben

Digitized by Google

Worte, welches den Essig bedeutete, oder doch mit einem nahe verwandten und von diesem abgeleiteten. Man hatte auch schon das Aufbrausen bemerkt, welches der Essig in Berührung mit manchen Stoffen (beispielsweise kalkhaltiger Erde) hervorruft, und auch die Fähigkeit des Essigs, gewisse Substanzen aufzulösen, war bekannt. Wie Plinius mittheilt, hat Kleopatra, um die Wette zu gewinnen, in einer Mahlzeit eine Million Sesterzien zu verzehren, Perlen von noch größerem Werthe in Essig gelöst und die Flüssigkeit getrunken. Von der Wahrnehmung, daß der Essig einzelne Mineralien auflöst, dürfte auch die übertriebene Vorstellung herrühren, die man sich im Alterthume von seiner zerstörenden Kraft auf alle Felsarten machte. Livius und Plutarch berichten, daß Hannibal auf seinem Zuge über die Alpen die Felsen mit Hilfe von Essig weggeräumt habe, und Vitruvius giebt an, daß Kieselfelsen, welche weder Feuer noch Eisen angreife, aufgelöst werden, wenn man sie erhitzt und mit Essig benetzt.

Erst die Araber kannten außer dem Essig auch noch andere Säuren. Geber kennt schon die Bereitung des Scheidewassers, und auch Schwefelsäure dürfte er in Händen gehabt haben. Die Alchemisten des Abendlandes vermehrten dann die Kenntnis der Säuren; so entdeckte Basilius Valentius die Bereitung der Salzsäure, und lehrte verbesserte Methoden, um Schwefelsäure zu gewinnen. Anfang des 18. Jahrhundertes wurde dann die Phosphorsäure und die Kohlensäure entdeckt.

Die abendländischen Alchemisten pflegten bis zum 18. Jahrhunderte die Säuren, wie überhaupt alle flüchtigen Säuren häufig als „spiritus", d. h. „Geist" zu bezeichnen, wobei dann dieses Wort direct „Säure" bedeutete. Ist beispielsweise von Salpetersäure die Rede, so bedeutet „spiritus fumans", zu deutsch „rauchender Geist", die rauchende Salpetersäure, und im gleichen Sinne wird der Ausdruck „spiritus" auch bei den anderen Säuren angewendet. Diese Bezeichnung hat sich aber im Volksmunde bis heute erhalten, und häufig hört man wenigstens für Salzsäure den Ausdruck „Salzgeist", und in Uebertragung dieses Wortes auf riechende, flüchtige Stoffe auch „Salmiakgeist" für Ammoniak.

In jeder Beziehung zutreffende und richtige Anschauungen über die Natur und die Zusammensetzung der Säuren brachten aber erst die Forschungen Lavoisier's und seiner Schüler. Wir sehen also, daß es lange gebraucht hat, ehe man alle heute benützten und so überaus wichtigen Säuren kennen lernte und einen Einblick in ihr Wesen erhielt. Aber erst als dieser Zeitpunkt gekommen war, konnte man daran gehen, die Darstellungsweisen zu verbessern, und endlich auf billige Weise jene enormen Mengen darstellen, derer die chemischen Industrien heute bedürfen.

Digitized by Google

# Chlor, Chlorkalk und Bleichpräparate.

Wird Salzsäure, welche, wie wir wissen, aus Wasserstoff und Chlor besteht, mit Oxydationsmitteln behandelt, so bewirken diese die Verbindung des Wasserstoffes mit Sauerstoff zu Wasser und es entweicht freies Chlor. Die Entdeckung dieses eigenthümlichen und werthvollen Körpers verdanken wir dem schwedischen Chemiker Scheele, welcher Chlor im Jahre 1774 nach einem Verfahren gewann, welches heute noch fast ausschließlich zur Darstellung alles in der Technik verbrauchten Chlors Anwendung findet. Wird nämlich ein sehr sauerstoffreiches Mineral, der Braunstein, welcher im chemischen Sinne Mangansuperoxyd, eine Verbindung des Metalles Mangan mit Sauerstoff ist, mit Salzsäure erhitzt, so bewirkt der mit dem Mangan verbundene Sauerstoff die Oxydation des Wasserstoffes der Salzsäure, während Chlor entweicht; gleichzeitig geht das Mangansuperoxyd in Manganchlorür über.

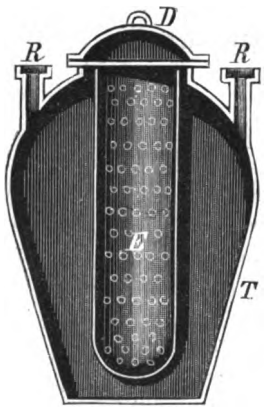
Das Chlor ist ein unter gewöhnlichen Bedingungen gasförmiges Element; es besitzt eine grünlich-gelbe Farbe, und belästigt, selbst nur in ganz geringer Menge eingeathmet, die Respirationsorgane in der unangenehmsten Weise. In feuchtem Zustande zerstört es organische Farbstoffe, greift die Metalle an, und ist mithin eine der widerlichsten Substanzen, mit welchen der Chemiker zu thun hat.

So activ nun das feuchte Chlorgas ist, so träge verhält es sich im vollkommen trockenen Zustande, und dieses Verhalten gestattete es, jetzt mit dem Chlorgas in einer Weise zu manipuliren, welche man sich vor 30 Jahren nicht hätte träumen lassen. Ein Beweis dafür ist, daß man heute das Chlorgas in Metallflaschen im verflüssigten Zustande in den Handel bringt, in gleicher Weise, wie dies mit der im Vergleiche mit Chlor ganz harmlosen Kohlensäure der Fall ist.

Die wichtigste Eigenschaft des Chlorgases ist aber die, bleichend auf organische Farbstoffe zu wirken. Schon Scheele hatte dies beobachtet, und kurze Zeit nach

Digitized by Google

der Entdeckung des Chlors schlug Berthollet die praktische Verwerthung der Scheele'schen Wahrnehmung zu diesem Zwecke vor. Ursprünglich benützte man wässerige Lösungen des Chlorgases als Bleichflüssigkeit. Nun vermag aber das Wasser nur etwa 3 Volumina Chlorgas aufzunehmen, so daß die Wirksamkeit des Chlorwassers eine sehr geringe ist. Außerdem besitzt das Chlorwasser alle unangenehmen Eigenschaften des Chlorgases, besonders ist sein Geruch ebenso heftig als widerlich, so daß man bestrebt war, andere Bleichflüssigkeiten mit angenehmeren Eigenschaften zu erfinden. Man erreichte dies in der Weise, daß man das Chlor in Form chemischer Verbindungen anwendete. So wurde zu Javelle bei Paris das noch heute benützte „Eau de Javelle" durch Einleiten von Chlorgas in eine Lösung von kohlensaurem Kalium dargestellt, „Eau de Labarraque" ist mit Chlorgas gesättigte Sodalösung, und endlich stellte Tennant in Glasgow eine Bleichflüssigkeit durch Einleiten von Chlorgas in Kalkwasser dar. Dies war im Jahre 1798; schon ein Jahr später fand er, daß auch mit wenig Wasser gelöschter Aetzkalk die Fähigkeit besitzt, Chlor zu binden, und daß das auf diese Weise dargestellte Präparat, in Wasser aufgeschlämmt, die gleichen Eigenschaften besitzt wie das freie Chlor. Dadurch wurde aber Tennant der Entdecker eines heute in großen Mengen dargestellten Körpers, des Chlorkalkes, der allgemein als Bleichmittel verwendet wird.



Gefäß zur Chlorentwickelung.

Zur Darstellung des Chlors wurden die verschiedensten Verfahren vorgeschlagen, das wichtigste und am meisten angewendete blieb aber immer das schon von Scheele benützte, nämlich die Behandlung von Braunstein mit Salzsäure, wobei sich der oben geschilderte Proceß abspielt. Man kann Chlorgas auch direct aus Kochsalz darstellen, wenn man Kochsalz mit Braunstein mengt und das Gemenge mit Schwefelsäure behandelt. Dann wird zunächst durch die Schwefelsäure aus dem Kochsalze Salzsäure in Freiheit gesetzt, welche dann weiter zerfällt.

Zur Darstellung des Chlors im Großen bedient man sich entweder thönener Zersetzungsgefäße oder aber großer Kästen, welche aus Sandsteinplatten aufgebaut sind.

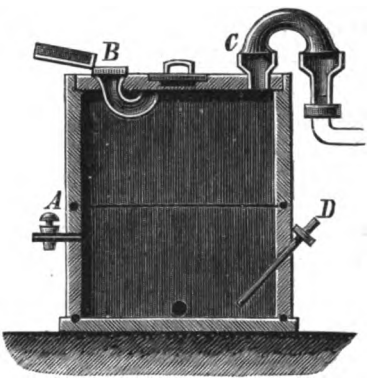
Ein solches Zersetzungsgefäß zeigt die obenstehende Abbildung. In dem durch den Deckel D verschließbaren Thongefäße T hängt ein siebförmig durchlochter Einsatz E, welcher mit zerkleinertem Braunstein gefüllt wird, gleichzeitig bringt man Salzsäure in das etwa 370 l fassende Gefäß, das sich entwickelnde Chlorgas entweicht durch die beiden Rohransätze R. Da die Entwickelung des Chlors aber nur bei höherer Temperatur vollständig verläuft, stellt man mehrere solcher Gefäße (Tourills) in Holzkästen, in welche zur Erwärmung Dampf eingeleitet wird.

Digitized by Google

Die Rückstände dieser Fabrikation, die „sauren Manganbrühen", welche der Hauptsache nach aus Manganchlorür bestehen, werden nach einem noch zu besprechenden Verfahren wieder regenerirt und in Mangandioxyd übergeführt, das zur Darstellung neuer Mengen Chlor dient.

Die aus Sandsteinplatten gebauten Chlorentwickler besitzen die Form rechteckiger Kästen. Um die Steinplatten vollständig dicht zu machen, werden sie zunächst in Theer gekocht, welcher alle Fugen und Poren verschließt. Durch den Hahn A wird die Salzsäure zugeführt, durch das Rohr B wird der bei der Regenerirung der Manganbrühen erhaltene Weldonschlamm, welcher Mangandioxyd enthält, eintreten gelassen, das Chlorgas entweicht durch das Rohr C, während durch D Dampf zur Erwärmung eingeleitet werden kann.

Um Chlor zu verflüssigen und in Metallbomben aufzubewahren, muß es zunächst vollständig getrocknet werden. Man erreicht dies durch Anwendung concentrirter Schwefelsäure, welche zwar bei gewöhnlicher Temperatur, nicht aber bei 60 bis 80° Chlorgas löst. Die Verflüssigung tritt schon bei einem Drucke von ungefähr 7 Atmosphären ein, kühlt man das Chlor jedoch auf —30 bis —50° ab, so ist ein weit schwächerer Druck nöthig. Das flüssige Chlor ist eine gelbe, in dickeren Schichten orangefarbene Flüssigkeit, welche bei —102° erstarrt. Da das flüssige Chlor vollkommen gefahrlos ist und beliebig lange aufbewahrt und leicht versendet werden kann, wird es jetzt schon ganz allgemein dort angewendet, wo man kleinerer Mengen bedarf, und diese nicht erst aus den Rohmaterialien darstellen will.



Chlorentwickler.

Bevor wir nun ein anderes Verfahren zur Gewinnung von Chlor besprechen, wollen wir den Vorgang kennen lernen, welcher die Aufarbeitung der Rückstände der Chlorgewinnung aus Braunstein und Salzsäure ermöglicht. Es ist dies das Weldonverfahren. Die Manganlaugen bilden nicht nur ein lästiges Nebenproduct, da sie stets noch Chlor entweichen lassen und überdies freie Salzsäure enthalten, so daß man sie nicht direct an Flußläufe abgeben kann, sondern es ist entschieden ökonomischer, dasselbe Material stets wieder verwenden zu können, und dies wird durch den Weldonproceß erreicht.

Zu seiner Ausführung wird die saure Lösung zunächst mit kohlensaurem Kalk neutralisirt und absitzen gelassen. Die klare Flüssigkeit bringt man dann in hohe Bottiche, in welchen sie mit einem Ueberschusse von Kalkmilch versetzt wird; zur Durchmischung der Flüssigkeit wird am Boden des Cylinders ein Luftstrom eingeblasen. Der Kalk bewirkt die Fällung des Mangans als Manganhydroxyd, wird dann noch ein kräftiger Luftstrom mehrere Stunden hindurch bei einer Tem-

Digitized by Google

peratur von 50 bis 60° durch den Cylinder geblasen, so bewirkt der Luftsauerstoff die Ueberführung des Manganhydroxyds in Mangandioxyd, welches in Verbindung mit Aetzkalk als Calciummanganit in Form eines körnigen, schwarzbraunen Schlammes gewonnen wird. Dieser Schlamm enthält nun wieder das Mangan in einer zur Darstellung von Chlor geeigneten Form, und wird direct in die Chlorentwickelungsgefässe fließen gelassen.

Theoretisch wäre man also im Stande, mit Hilfe des Weldonverfahrens und einer gegebenen Menge Mangandioxyd unbegrenzte Mengen Chlor darzustellen. In Wirklichkeit treten jedoch immer bei der Regenerirung der Laugen Verluste ein, welche im Durchschnitte ungefähr 2% des verarbeiteten Braunsteines betragen und ersetzt werden müssen. Gerade deshalb, da diese Verluste sehr gering sind, ist dieses Verfahren von hohem Werthe, und es bildet ein schönes Beispiel dafür, in welcher Weise die moderne Chemie es versteht, Erfahrungen, welche im Laboratorium gewonnen wurden, in segensreicher Weise in die Praxis zu übertragen.

Die Darstellung des Chlors beruht, wie wir gesehen haben, auf der Oxydation des Wasserstoffes der Salzsäure. Diese besorgt der Sauerstoff des Mangandioxyds; da man dieses mit Hilfe des Luftsauerstoffes nach dem Weldonverfahren regeneriren kann, so spielt es nur die Rolle eines Sauerstoffüberträgers. Man hat jedoch auch, und zwar mit Erfolg versucht, den Luftsauerstoff direct zur Oxydation zu verwenden, und zwar wurde dieses Verfahren im Jahre 1870 von Deacon und Hurter erfunden.

Deacon's Verfahren beruht auf dem eigenthümlichen Verhalten des Kupferchlorids, einer Verbindung von Kupfer mit Chlor. Wird Kupferchlorid erhitzt, so giebt es einen Theil seines Gehaltes an Chlor ab, und geht in eine chlorärmere Verbindung über. Befeuchtet man es jedoch mit Salzsäure, so verwandelt es sich bei Gegenwart von Luft und bei höherer Temperatur fast augenblicklich wieder in Chlorid.

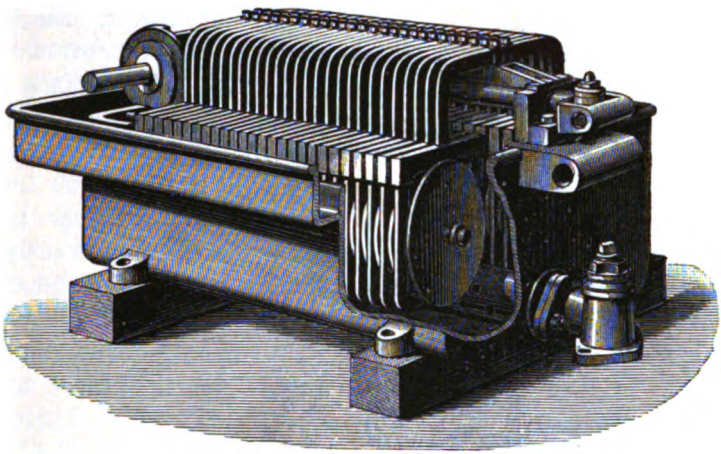
In der Praxis wird dieses sinnreiche Verfahren in der Weise ausgeführt, daß über erhitzte Thonkugeln, welche mit Kupferchlorid getränkt sind, ein Gemisch von Salzsäuredampf und Luft geleitet wird. Es entsteht Chlorgas, gleichzeitig wird aber auch das Kupfersalz regenerirt, so daß man einerseits Salzsäuregas in das System einleitet, andererseits Chlor gewinnt.

Allerdings haben sich die an diesen Vorgang geknüpften Hoffnungen bei Einführung des Verfahrens in die Praxis nur zum Theile erfüllt. Denn es wird durchaus nicht alle Salzsäure in Chlor übergeführt, und ferner verliert das Kupferchlorid nach einiger Zeit seine Wirksamkeit. Trotzdem findet dieser Proceß an vielen Orten seiner Einfachheit wegen Anwendung, und ein großer Vortheil ist jedenfalls darin zu sehen, daß sich keine, wie immer gearteten lästigen Nebenproducte ergeben.

Von den verschiedenen anderen Vorschlägen, welche zur Darstellung von Chlor gemacht wurden, interessirt uns wohl nur noch die Darstellung von Chlor durch

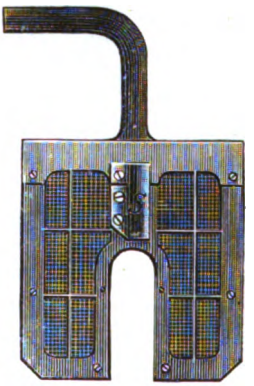
Digitized by Google

Elektrolyse. Hier handelt es sich jedoch weniger um die Gewinnung von gasförmigem Chlor, wie es zur Darstellung des Chlorkalkes verwendet wird, sondern um die Erzeugung chlorhaltiger Verbindungen von Salzen der unterchlorigen Säure (Hypochlorite), die zu Bleichzwecken, hauptsächlich in der Papierfabrikation Verwendung finden. Auch solcher Verfahren giebt es schon eine große Menge; es wird genügen, wenn wir zwei derselben näher kennen lernen.



Elektrolytische Bleiche von Hermite.

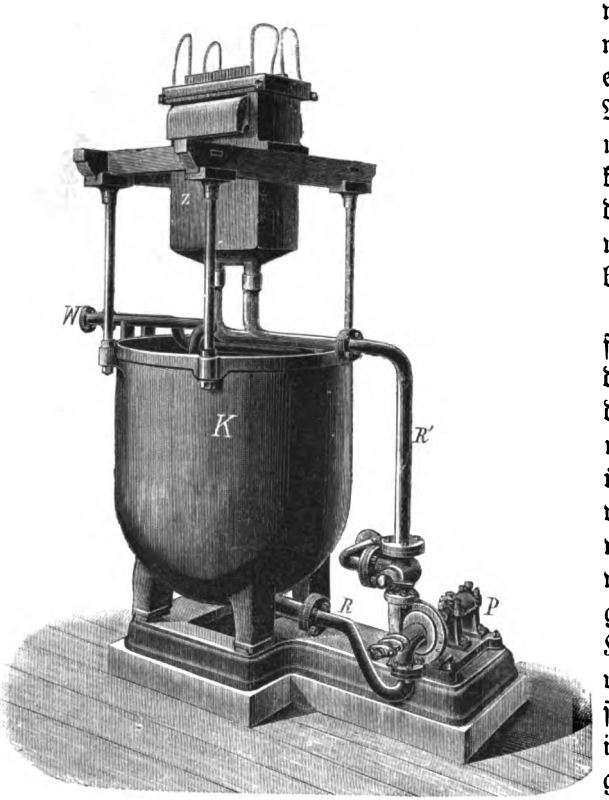
Hermite benützt eine Chlormagnesium enthaltende Flüssigkeit, welche in einem besonderen Apparate, dem „Elektrolyseur", der Wirkung des elektrischen Stromes ausgesetzt wird. Dieser Elektrolyseur besteht aus einer galvanisirten gußeisernen Kufe, auf deren Boden sich ein horizontales, mit Oeffnungen versehenes Rohr befindet, welches durch einen Zinkhahn verschlossen werden kann und zur Zuleitung der Flüssigkeit dient. Durch die rinnenförmige Verbreiterung des oberen Kufenrandes wird sie dorthin geleitet, wo sie Verwendung finden soll. Jede Kufe enthält zwei Reihen paralleler Elektroden, die Kathoden sind aus Zinkscheiben gebildet, welche auf zwei langsam sich drehenden Wellen aufgesetzt sind. Zwischen diesen Zinkscheiben werden die Anoden, deren eine durch die nebenstehende Abbildung veranschaulicht wird, eingesenkt. Sie bestehen aus Platinnetzen in Ebonitrahmen und werden durch Bleiansätze mittelst Schrauben an einer Kupferstange befestigt, welche mit dem positiven Pole einer Dynamomaschine in Verbindung steht. Die Zinkscheiben sammt der Kufe sind mit dem positiven Pole verbunden. Um die Zinkflächen blank und leitend zu erhalten, sind elastische Schaber S aus Ebonit an den Rahmen der Anoden oberhalb jenes Ausschnittes angebracht, welche dazu bestimmt ist, die Welle mit den Zinkscheiben durchzulassen. Indem diese Schaber leicht gegen die Zinkscheiben drücken, befreien sie diese während der Rotation von allen sich auf ihnen festsetzenden Niederschlägen.



Anode nach Hermite.

Digitized by Google

Wie bei allen elektrolytischen Anlagen, werden auch hier Ströme geringer Spannung, aber großer Intensität benöthigt. Man läßt im Allgemeinen den Elektrolyseur einen Strom von 1000 bis 12.000 Ampère und 5 Volt passiren. Hermite hat zwar versucht, das theure Platin durch ein anderes Metall, durch platinirtes Kupfer oder Porzellan zu ersetzen, um die Einführung des Apparates zu verbilligen, ist aber zu keinem zufriedenstellenden Resultate gelangt. Dagegen wurde später an Stelle der Magnesiumchloridlösung eine Flüssigkeit verwendet, welche 5% Salz und nur $^1/_2$% Magnesiumchlorid enthält, und welcher eine kleine Menge frisch gefällter Magnesia zugesetzt wird. Die Wirkung der Elektrolyse besteht in der Bildung von Hypochloriten, welche in der Flüssigkeit gelöst bleiben und bleichend wirken.



Elektrolyseur nach Kellner.

Dieses ursprüngliche Verfahren von Hermite steht jedoch nicht mehr in Verwendung, und konnte überhaupt nur dort rentabel sein, wo man über eine sehr billige Kraftquelle verfügte. Dagegen hat Kellner wesentlich besser functionirende, wenn auch annähernd auf dem gleichen Principe wie die Hermit'schen Apparate beruhende Vorrichtungen ersonnen, die sich in der Praxis immer mehr einzuführen beginnen.

Kellner's äußerst compendiöser Apparat besteht aus dem Steinzeugtrog Z, in welchem sich die Elektroden befinden, es sind dies Glasplatten, welche mit Platin-Iridiumdraht umwickelt sind. Die zu elektrolysirende Flüssigkeit tritt in diesen Steinzeugtrog ein, und unterliegt hier der Wirkung des elektrischen Stromes. Unterhalb des Elektrolyseurs befindet sich das Gefäß K, welches mit der zu elektrolysirenden Salzlösung gefüllt wird, und in welchem eine Kühlschlange liegt. Die Salzlösung wird durch die Rohre R und R' mit Hilfe der aus Hartblei verfertigten Centrifugalpumpe P continuirlich angesaugt und dem Elektrolyseur Z zugeführt, der Kreislauf wird so lange fortgesetzt, bis die gewünschte Concentration an wirksamem Chlor erreicht ist. Dann gelangt die Lösung durch

Digitized by Google

das Rohr W nach dem Orte des Bedarfes. Die Kühlschlange hat den Zweck, die Salzlösung während der Circulation auf einer zwischen 20 und 25° C. liegenden Temperatur zu erhalten, da bei höherer Temperatur an Stelle des Hypochlorits wirkungsloses Chlorat entstehen würde. Versuche, welche mit diesem Apparate angestellt wurden, ergaben ein sehr günstiges Resultat.

Leitet man Chlorgas in wässerige Lösungen von kohlensaurem Kalium oder Natrium ein, oder läßt man es von frisch gelöschtem Kalk absorbiren, so erhält man Salze einer neuen Säure, der unterchlorigen Säure, die sich durch sehr werthvolle Eigenschaften auszeichnen. Die erwähnten bleichenden Wirkungen sind nämlich nicht nur dem freien Chlor, sondern auch der unterchlorigen Säure, einer Verbindung aus Wasserstoff, Sauerstoff und Chlor, und deren Salzen eigen, besonders der Chlorkalk ist ein Präparat, welches viel „wirksames Chlor" enthält, sich gut transportiren läßt, und auch eine gewisse Zeit seine Wirksamkeit bewahrt. Mit Säuren zusammengebracht, wird Chlor frei, schon die in der Luft vorhandene Kohlensäure bewirkt langsam seine Zersetzung, wobei ebenfalls freies Chlor auftritt und den Geruch des Chlorkalkes verursacht.

Zur Darstellung von Chlorkalk wird zunächst sehr reiner Aetzkalk mit Wasser gelöscht, wobei er zerfällt. Hierauf läßt man ihn abkühlen und treibt ihn durch ein engmaschiges Sieb; nur der durchfallende Antheil findet Verwendung.

Man bringt dann den in der beschriebenen Weise vorbereiteten Kalk in geräumige Kammern, welche aus getheerten Sandsteinplatten, aus Thonplatten oder asphaltirten Eisenplatten aufgebaut sind, breitet ihn in einer etwa 15 bis 20 cm hohen Schicht auf dem Boden dieser Kammern aus, und leitet nun das Chlor ein. Dieses wird aus dem Entwickler durch ein schwach ansteigendes, langes Rohr zugeführt, auf dem langen Wege kühlt sich das Chlorgas ab, und das condensirte Wasser fließt nach einem Sammelgefäße, in welchem sich auch mitgerissene Salzsäure oder Weldonschlamm ablagert.

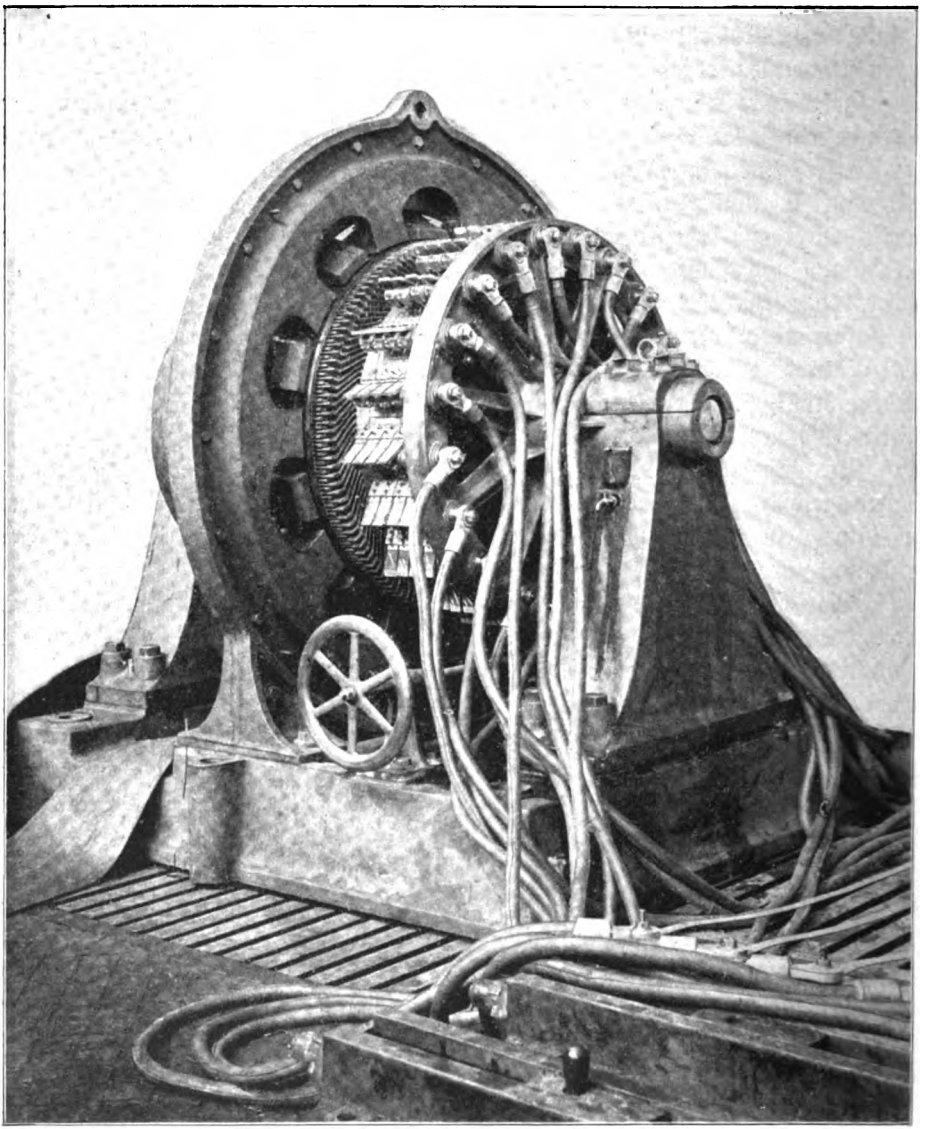
In Berührung mit dem gelöschten Kalk wird das Chlor sehr rasch gebunden, wobei unterchlorigsaurer Kalk, kurz Chlorkalk genannt, entsteht. In den Wänden der Kammern sind an gegenüberliegenden Punkten Glasfenster eingesetzt, durch diese kann man beobachten, ob das Chlorgas noch rasch absorbirt wird, oder ob der Kalk schon gesättigt ist. Das Chlorgas besitzt nämlich, wie wir schon erwähnten, eine grünlich-gelbe Farbe; verschwindet diese rasch, so ist dies ein Zeichen, daß noch Chlor zugeführt werden muß.

Ist endlich der Kalk vollständig mit Chlor gesättigt, was nach 24 Stunden der Fall zu sein pflegt, so sperrt man die Chlorleitung ab, beziehungsweise man führt nun das Chlor nach einer anderen inzwischen mit Kalk beschickten Kammer, und verbindet die zu entleerende mit einem gut ziehenden Schornsteine, um das überschüssige Chlor zu entfernen.

Erst bis dies so vollständig als möglich geschehen ist, kann die Kammer von den Arbeitern betreten werden, die übrigens von dem sich beim Ausschaufeln des

Digitized by Google

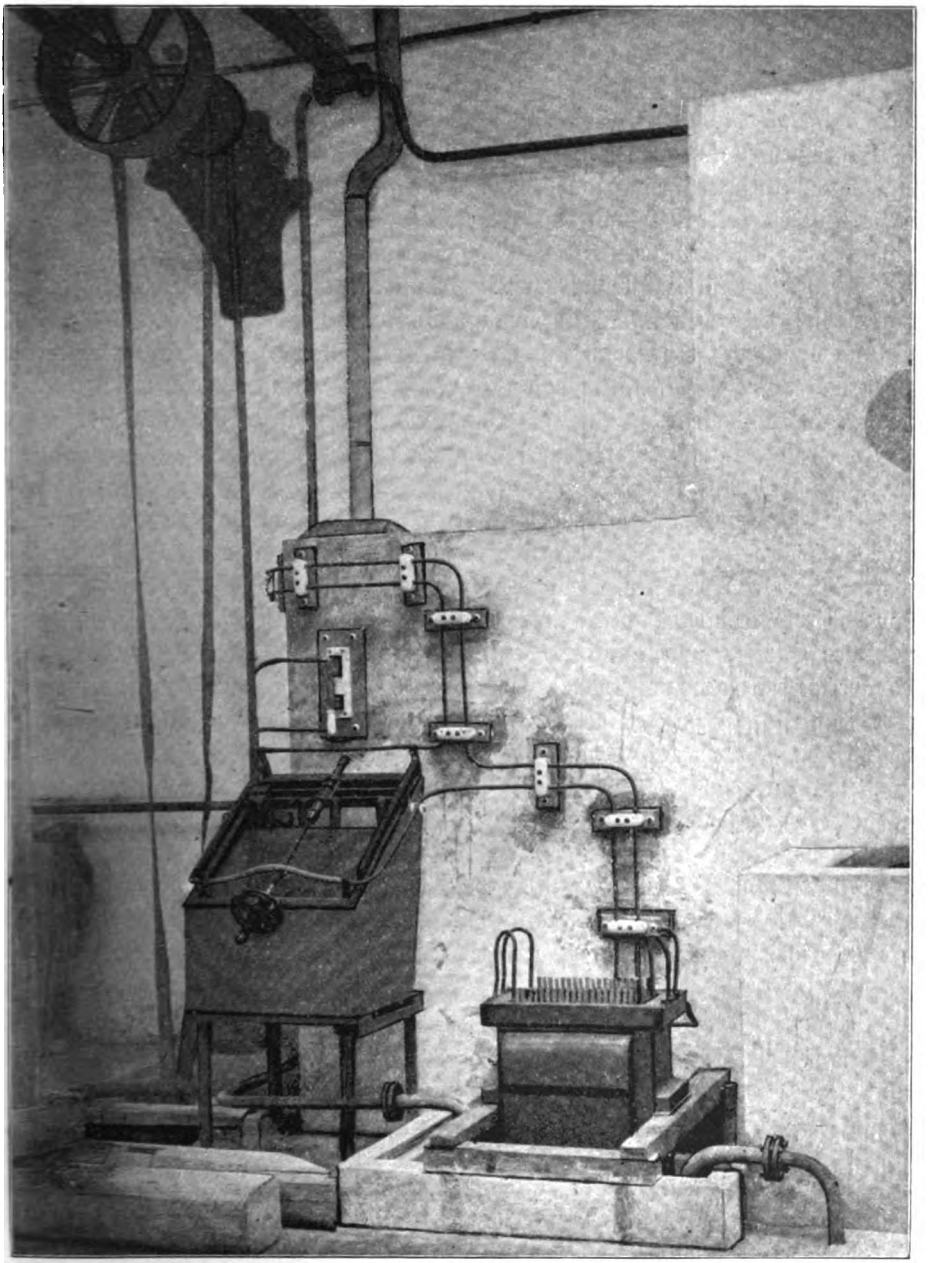
Chlorkalkes entwickelnden Staube genug zu leiden haben, weshalb bei dieser Arbeit gewöhnlich Respirationsmasken getragen werden. Der fertige Chlorkalk wird in



Dynamomaschine für elektrotechnische Zwecke. 600 Ampère, 20 Volt.
(Actiengesellschaft Siemens & Halske, Wien.)

Fässern verpackt in den Handel gebracht; aus 100 kg gelöschten Kalk erhält man circa 160 kg Chlorkalk.

Digitized by Google



Anlage einer elektrolytischen Bleiche. (System Dr. Kellner.)

Der Chlorkalk wurde und wird auch heute noch manchmal zu Desinfectionszwecken verwendet, wobei man von der ganz richtigen Thatsache ausging, daß Chlor

Digitized by Google

zerstörend auf die Bakterien wirkt. Man pflegt Schüsseln mit Chlorkalk in den zu desinficirenden Räumen aufzustellen, das sich fortwährend entwickelnde Chlor soll dann desinficirend wirken. Ein Erfolg ist von einer solchen Desinfection jedoch nicht zu erwarten, da die sich entwickelnde Menge Chlor eine viel zu geringe ist. Um einen Raum gründlich mit Chlor zu desinficiren, müssen solche Mengen entwickelt werden, daß die Luft grüngelb gefärbt ist, in einem solchen Raume ist aber Menschen der Aufenthalt unmöglich. Zudem ist die Arbeit mit Chlor derart unangenehm, daß man dieses Desinfectionsverfahren um so lieber verlassen hat, als die moderne Technik zahlreiche andere Desinfectionsmittel bereiten und anwenden lehrte, die bei weitaus geringeren unangenehmen Eigenschaften die gleiche Wirkung ausüben, wenn man sich ihrer in vernünftiger Weise bedient. Jedenfalls möge man aber festhalten, daß die erfolgreiche und gründliche Desinfection eines Raumes durchaus keine so einfache Aufgabe ist, wie man vielleicht denkt, und daß der Zweck noch lange nicht erreicht ist, wenn man in dem betreffenden Locale mit Chlor, Schwefel, Carbolsäure oder ähnlichen Stoffen ein bißchen Gestank erzeugt.

Ein weiteres Präparat, welches ebenfalls unter Zuhilfenahme von Chlor dargestellt wird, ist das chlorsaure Kalium oder Kaliumchlorat, nach der Nomenclatur der Apotheker gewöhnlich „Kalium chloricum" geheißen. Wir haben schon diese Verbindung bei Besprechung der Zündwaarenfabrikation, sowie der explosiven Stoffe, und auch als ein Präparat kennen gelernt, welches in der Feuerwerkerei Anwendung findet. Wir sahen dort, daß das Kaliumchlorat sehr leicht Sauerstoff abzugeben vermag, und diesem Umstande seine Eignung zur Herstellung von Zündmassen, Sprengstoffen u. s. w. verdankt.

Das chlorsaure Kalium ist das Kaliumsalz der Chlorsäure, deren Molecül aus je einem Atome Wasserstoff und Chlor und drei Atomen Sauerstoff besteht, während die schon besprochene unterchlorige Säure nur je ein Atom Wasserstoff, Chlor und Sauerstoff enthält. Noch deutlicher wird uns aber dieser Unterschied, wenn wir die procentische Zusammensetzung dieser Säuren und ihrer Kaliumsalze — unterchlorigsaures und chlorsaures Kalium — betrachten. Es enthält:

| | Unterchlorige Säure | Unterchlorigsaures Kalium | Chlorsäure | Chlorsaures Kalium |
|---|---|---|---|---|
| Wasserstoff, bez. Kalium | 1·91% | 43·19% | 1·19% | 31·89% |
| Chlor . . . . . | 67·50% | 39·09% | 41·87% | 28·87% |
| Sauerstoff . . . . | 30·59% | 17·72% | 56·94% | 39·24% |

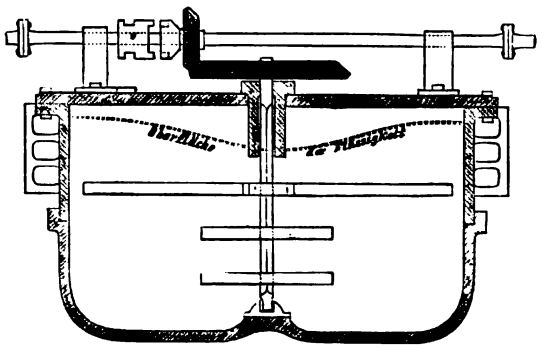
Während die Salze der unterchlorigen Säure entstehen, wenn Chlor bei niederer Temperatur in die Lösung eines Alkalis eingeleitet wird, bildet sich vorzugsweise das Kaliumchlorat bei einer Temperatur von 30 bis 40°. Die Umsetzung ist jedoch durchaus nicht quantitativ, vielmehr entstehen bei der Bildung von einem Theile Kaliumchlorat gleichzeitig stets auch 5 Theile Chlorkalium, die dem Chlornatrium analoge Verbindung. Das Chlorkalium muß durch Krystallisation von dem Kaliumchlorat getrennt werden, und die geringe Ausbeute an chlorsaurem

Digitized by Google

Kalium vertheuert natürlich dieses Präparat nicht unwesentlich, da die Kaliumverbindungen hoch im Preise stehen.

Um daher nicht unnütz neben so geringen Mengen Kaliumchlorat so große Mengen Chlorkalium bei der Fabrikation der erstgenannten Verbindung zu erhalten, geht man nach Liebig's Vorschlag in der Weise vor, daß man zunächst nicht chlorsaures Kalium, sondern chlorsauren Kalk bereitet. Demgemäß verwendet man nicht eine Lösung von Aetzkali, sondern Kalkmilch, in welche das Chlor eingeleitet wird. Es entsteht dann allerdings auch nur auf fünf Molecüle Chlorcalcium ein Molelül Calciumchlorat, doch wird nur dieses in Kaliumchlorat übergeführt, wodurch eine bedeutende Ersparnis an Kalium erzielt wird.

Die Sättigung der Kalkmilch mit Chlor nimmt man in großen, luftdicht schließenden Bottichen vor. Diese würden, wenn man das Chlor in die Flüssigkeit einströmen ließe, sehr rasch zerstört werden, auch müßten dann die Chlorentwickler einen zu großen Druck aushalten, und würden sehr bald undicht werden. Man beschränkt sich daher darauf, das Chlor auf die Kalkmilch zu leiten; um aber doch eine große absorbirende Oberfläche zur Verfügung zu haben, befindet sich in jedem Bottich ein Rührwerk, dessen schiffsschraubenähnliche Flügel die Flüssigkeit kräftig nach oben treiben. Um zu verhindern, daß Chlor unbenützt entweicht, werden stets mehrere solcher Bottiche miteinander verbunden, und es wird nach Ablauf einer gewissen Zeit die Chlorzuleitung umgestellt, so daß immer der mit frischer Kalkmilch beschickte Bottich die chlorärmsten Gase zugeführt erhält, wodurch die beste Ausnützung des Chlors erreicht wird.



Apparat zur Darstellung von chlorsaurem Kalium.

Ist die Kalkmilch mit Chlor gesättigt, so wird sie in Klärgefäßen absitzen gelassen, oder durch Filterpressen gedrückt, und nun folgt der zweite Theil der Fabrikation, nämlich die Ueberführung des Calciumchlorats in Kaliumchlorat.

Dies wird erreicht, indem man eine dem vorhandenen Calciumchlorat entsprechende Menge Chlorkalium zufügt, und die Lösung, welche nun Kaliumchlorat und Chlorcalcium enthält, durch Eindampfen zur Krystallisation bringt. Das Kaliumchlorat ist bedeutend schwerer in Wasser löslich als das Chlorcalcium, es scheidet sich daher zunächst das erstgenannte Salz aus, welches ausgeschöpft, gewaschen und durch abermalige Krystallisation vollständig gereinigt wird.

In jüngster Zeit hat man auch, und zwar mit Erfolg versucht, Kaliumchlorat auf elektrolytischem Wege darzustellen. Man geht in der Weise vor, daß man durch den elektrischen Strom in einer Lösung, welche neben Chlor-



Digitized by Google

kalium auch Calciumhydrat (gelöschten Kalk) enthält, Chlor erzeugt. Dieses verbindet sich zunächst mit dem Calciumhydrat zu Calciumchlorat, setzt sich aber sofort mit Chlorkalium in bekannter Weise um. Das bei dieser Wechselzersetzung zwischen Calciumchlorat und Chlorkalium entstehende Chlorcalcium wird dann selbst wieder von dem elektrischen Strome zersetzt, wobei an der Anode Chlor, an der Kathode aber Calcium abgeschieden wird, welch letzteres in Berührung mit Wasser sofort wieder in Calciumhydrat übergeht, und sich neuerdings an dem Processe betheiligt. Wie wir sehen, spielt bei diesem von C. Kellner ersonnenen und ihm patentirten Verfahren das Calciumhydrat nur die Rolle eines Sauerstoffüberträgers; ob dieses jedenfalls elegante und geniale Verfahren schon in der Praxis ausgedehntere Anwendung gefunden hat, und ob es sich bewährte, ist uns nicht bekannt.

Das chlorsaure Kalium dient außer in der Zündwaarenfabrikation und den anderen, schon erwähnten Industrien auch in der Färberei und zur Darstellung von Farbstoffen. In allen diesen Fällen beruht seine Anwendung nur auf seiner Fähigkeit, Sauerstoff leicht abzugeben, also oxydirend zu wirken.

Dieser Eigenschaft verdankt es auch seine Anwendung in der Arzneikunde, es wird als Zahnwasser und Gurgelwasser verordnet, doch ist es durchaus kein so ungefährliches Mittel, wie man vielleicht denken wird. Gelangt es nämlich in den Magen und aus diesem in das Blut, so wirkt es in einer solchen Weise auf dieses ein, daß die rothen Blutkörperchen unfähig gemacht werden, weiter ihrer Aufgabe als Sauerstoffüberträger nachzukommen. Man muß daher mit diesem Präparate, das überdies noch die Eigenschaft besitzt, im Gemenge mit organischen Körpern durch Stoß oder Schlag leicht und sehr heftig zu explodiren, sehr vorsichtig umgehen, besonders wäre es leichtsinnig, kleinen Kindern Lösungen von chlorsaurem Kalium als Gurgelwasser zu verordnen.

Im Chlor und den Chlorpräparaten lernten wir eine Reihe von Körpern kennen, welche sich alle durch ihre bleichende Wirkung organischen Farbstoffen gegenüber auszeichnen. Es ist nun wohl interessant, der Frage näher zu treten, wieso das Chlor überhaupt bleichend zu wirken vermag. Da giebt uns aber eine uns schon bekannte Thatsache einen bemerkenswerthen Fingerzeig.

Wir wissen bereits, daß sich trockenes Chlor im Gegensatze zu feuchtem den Metallen gegenüber ganz indifferent verhält. Das gleiche Verhalten zeigt es auch organischen Farbstoffen gegenüber. Ein mit Krapp gefärbtes trockenes Stück Zeug behält im trockenen Chlorgase seine Farbe, wird es mit Wasser befeuchtet, so wird diese fast augenblicklich zerstört. Wir können daraus schon sehen, daß jedenfalls das Wasser bei dem durch das Chlor eingeleiteten Oxydationsproceß eine Rolle spielt, und dies ist auch in der That der Fall.

Stellt man durch Einleiten von Chlor in Wasser Chlorwasser her, so behält dieses, besonders wenn es im Lichte steht, seine Wirksamkeit nur durch sehr kurze Zeit. Bald ist alles freie Chlor verschwunden, das Wasser enthält nun Salzsäure (Chlorwasserstoff) und überdies können wir nachweisen, daß Sauer-

Digitized by Google

stoff abgeschieden wurde. Das Chlor hat also zersetzend auf das Wasser eingewirkt, wobei freier Sauerstoff entstand. Der gleiche Vorgang verläuft nun auch bei Gegenwart organischer Substanzen, nur wird dann der freie Sauerstoff von diesen sofort in Anspruch genommen, und er ist es, welcher bleichend, beziehungsweise oxydirend, in diesem Falle zerstörend auf die organischen Farbstoffe wirkt.

Das Chlor selbst spielt also hier ebenfalls nur die Rolle eines Sauerstoffüberträgers. Eines solchen bedurften wir, um es aus seiner Verbindung mit Wasserstoff loszumachen. Seine Liebe zum Wasserstoff ist aber so stark, daß es sogar die ehrwürdige Ehe zwischen Wasserstoff und Sauerstoff im Wasser zu sprengen vermag, um sich wieder des Wasserstoffes zu bemächtigen. Dabei setzt es aber die gleiche Menge Sauerstoff in Freiheit, welche erforderlich war, um aus Salzsäure Chlor zu erhalten. — —

Das Chlor ist aber noch in anderer Beziehung ein hochinteressanter Körper, besonders dadurch, daß es eine Verbindung bildet, welche mit großer Heftigkeit zu explodiren vermag: den Chlorstickstoff.

Chlorstickstoff wird erhalten, wenn man Chlorgas in eine warme Salmiaklösung leitet, oder wenn man eine Lösung von unterchloriger Säure mit Ammoniak zusammenbringt. Er bildet ein dünnflüssiges, gelbes Oel, welches an der Luft rasch verdunstet, eigenthümlich stechend riecht und die Augen heftig angreift. Wird Chlorstickstoff erhitzt oder mit gewissen Körpern, wie Phosphor oder Terpentinöl in Berührung gebracht, so zersetzt er sich unter Feuererscheinung mit äußerster Heftigkeit, die Explosion ist so stark, daß selbst eiserne Gefäße zerschmettert werden.

Es giebt jedoch auch eine Methode zur Darstellung des Chlorstickstoffes, welche nahezu vollkommen gefahrlos ist, und welche gestattet, die Eigenschaften dieses interessanten Körpers zu demonstriren. Taucht man nämlich in eine gesättigte Salmiaklösung zwei Platinstreifen, die mit den Polen einer nicht zu schwachen galvanischen Batterie verbunden sind, so treten am positiven Pole bald kleine Tropfen von Chlorstickstoff auf, welche in die Höhe steigen. Die Oberfläche der Salmiaklösung überschichtet man jedoch mit Terpentinöl; sobald die Tröpfchen von Chlorstickstoff mit diesem in Berührung kommen, explodiren sie, und es ertönt unausgesetzt ein bald schwächeres, bald heftigeres Geknatter, je nachdem größere oder kleinere Tröpfchen emporsteigen.

Der Chlorstickstoff wurde im Jahre 1811 von Dulong entdeckt, und gerade die Geschichte der Entdeckung dieses gefährlichen Körpers zeigt uns, wie den wahren Forscher keine Gefahr und kein am eigenen Leibe erlittener Schade abhalten kann, seinem Ziele zuzustreben.

Als nämlich Dulong den Chlorstickstoff entdeckt hatte und eine etwas größere Menge darstellte, um seine Eigenschaften zu studiren, explodirte sie unter den Händen des Forschers, wodurch er ein Auge und drei Finger einbüßte. Kaum geheilt, setzte er aber mit ungeschwächtem Eifer die Versuche fort.



Digitized by Google

Davy und Faraday beschäftigten sich im Jahre 1813 ebenfalls mit dem Chlorstickstoffe, doch gebrauchten sie die Vorsicht, ihre Gesichter durch Glasmasken zu schützen, trotzdem verliefen auch ihre, mit der größten Bedachtsamkeit angestellten Versuche nicht ohne Unfall. Als nämlich Faraday einmal ein Glasrohr, welches wenige Tropfen Chlorstickstoff enthielt, verschließen wollte, fand eine heftige Explosion statt und er verlor die Besinnung. Als er wieder das Bewußtsein erlangte, befand sich seine Hand noch in der gleichen Lage, sie war aber von den umhergeschleuderten Glassplittern vollständig zerschnitten, und auch die Glasmaske, welche sein Gesicht beschützt hatte, war beschädigt worden. Ein andermal, als die Luft aus einem Rohre, welches Chlorstickstoff enthielt, ausgepumpt wurde, fand ebenfalls eine heftige Explosion statt und Davy trug Verletzungen davon, während bei einem ähnlichen früher ausgeführten Versuche die Verbindung ruhig verdampft war.

Der Chlorstickstoff ist also ein ganz unberechenbarer Körper, der bei dem geringsten Anlasse schon mit der größten Leichtigkeit explodirt und deshalb auch nicht als Sprengmittel verwendet werden konnte, wie man bald nach seiner Entdeckung gehofft hatte. Für die Technik ist er somit vollständig ohne Bedeutung, als chemische Verbindung nimmt er aber unser Interesse in hohem Grade in Anspruch, und gewiß wird er immer genannt werden, wenn es sich um Beibringung eines Beispieles handelt, wie der wahre Forschungseifer selbst mit Außerachtlassung und Zurücksetzung der eigenen Person bestrebt ist, der Natur ihre Geheimnisse zu rauben.

Digitized by Google

# Das Kochsalz und die Staßfurter Abraumsalze.

Das Kochsalz, dessen wir uns als unentbehrliche Würze unserer Speisen bedienen, spielt auch in manchen chemischen Industrien eine große Rolle, und deshalb ist es wohl angezeigt, uns mit der Gewinnung dieses Stoffes näher zu befassen. Eine gleich große Bedeutung kommt aber auch den hochinteressanten Staßfurter Abraumsalzen zu, welche uns mit den technisch und landwirthschaftlich so überaus wichtigen Kaliumverbindungen versorgen, und deshalb wollen wir auch diese und ihre Verarbeitung in den Kreis unserer Betrachtungen ziehen.

Das Kochsalz, dessen wir schon wiederholt Erwähnung machten, und welches wir als Ausgangsmaterial für die Gewinnung der Salzsäure kennen gelernt haben, ist im chemischen Sinne Chlornatrium, das Natriumsalz der Chlorwasserstoffsäure. In der Natur ist das Kochsalz sehr weit verbreitet. Gelöst finden wir es in den Salzquellen, welche in der Erde verborgene Salzablagerungen durchströmen und sich dort mit Kochsalz bereichern. Bekannt ist das Vorkommen des Steinsalzes im Meerwasser, das im Durchschnitte 4% verschiedener Salze, darunter bis zu 3% Chlornatrium enthält.

Der Salzvorrath, welchen die Meere enthalten, ist für unsere Begriffe aber geradezu unfaßbar.

Alle Meere zusammen bedecken eine Fläche von rund 6173 geographischen Quadratmeilen, dies entspricht bei einer durchschnittlichen Tiefe von 300 m einem Quantum von 2,500.000 geographischen Kubikmeilen Wasser. Und in diesem sind 3051 Kubikmeilen Chlornatrium gelöst. Wenn also auch die Vorräthe an Salz in den Tiefen der Erde erschöpft würden, so brauchten deshalb die auf der Verarbeitung des Steinsalzes beruhenden chemischen Industrien doch noch lange nicht Mangel zu leiden.

Digitized by Google

Außer in den Salzquellen und im Meerwasser kommt jedoch das Salz auch in mächtigen Ablagerungen im Erdinneren vor, die bergmännisch ausgebeutet werden. Nur in wenigen Ausnahmen ist dieses Steinsalz dann aber so rein, daß es direct als Speisesalz oder zu anderen Zwecken verwendet werden kann. In den meisten Fällen ist es durch Gips, Eisenoxyd und andere Stoffe verunreinigt, die entfernt werden müssen; dies geschieht in der Regel gleichzeitig mit der Gewinnung.

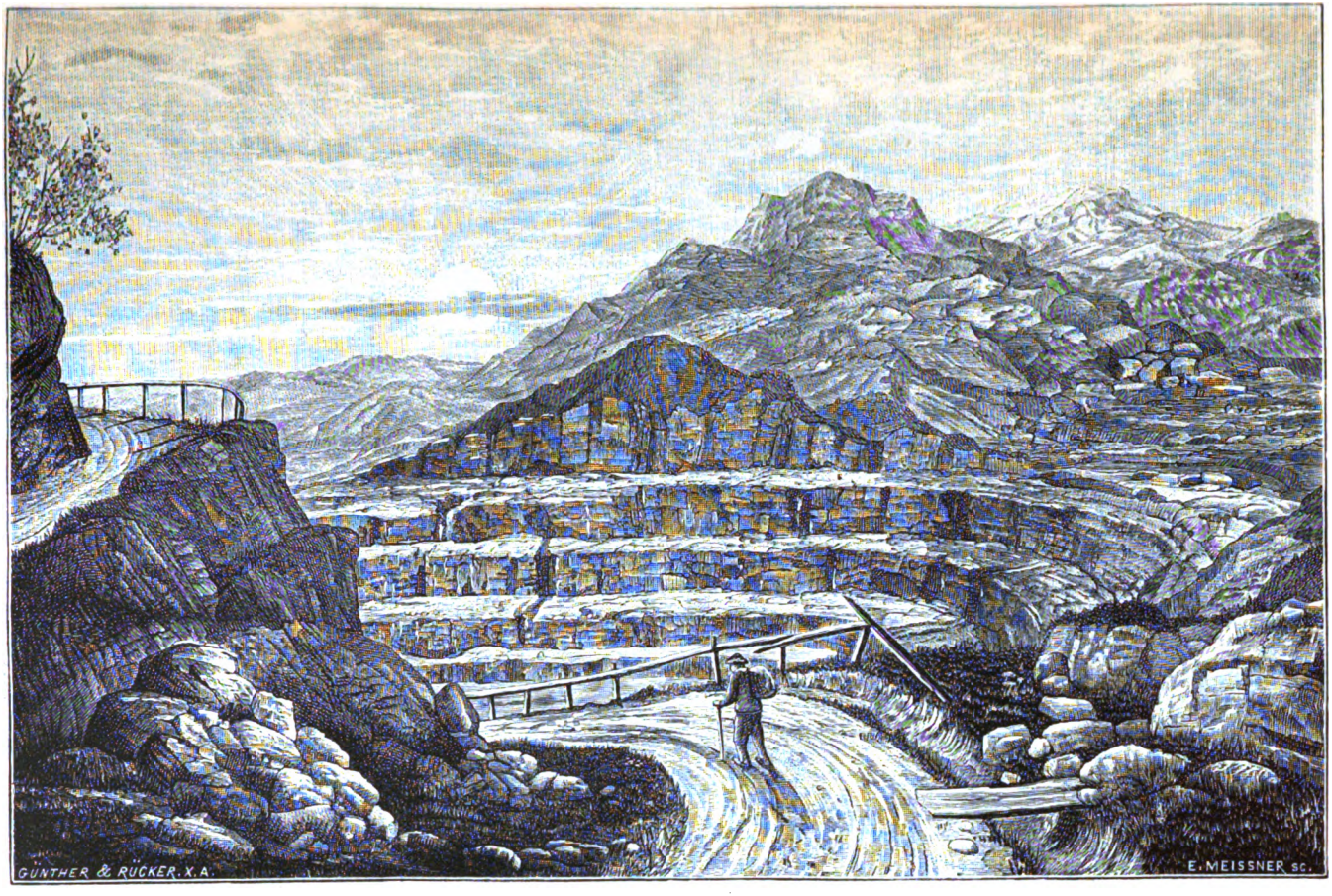
Salzsteppe in Mittel-Asien.

Eine weitere Art des Vorkommens des festen Steinsalzes bilden die Salzablagerungen in Steppen, in der Wüste, dann stärkere oder schwächere Efflorescenzen von Salz auf der Erdoberfläche in sehr trockenen Jahren. Berühmt sind in dieser Hinsicht die Abhänge des afrikanischen Hochlandes, ferner viele und ausgedehnte Steppen in Mittel-Asien, von welchen die Reisenden berichten, sie seien zu gewissen Zeiten des Jahres von Salz weiß gefärbt und machen den Eindruck öder, ausgedehnter Schneefelder.

An einzelnen Punkten der Erde treten gewaltige Steinsalzlager aber auch direct zu Tage, so in Siebenbürgen, in Algerien und am Todten Meere, und bekannt ist in dieser Hinsicht auch das Steinsalzlager zu Cardona in Catalonien, „wo der gekörnte Schnee, die Würze der Speisen", wie es Goethe nennt, in ähnlicher Weise gewonnen wird, wie die Steine in einem Steinbruche.

Die Entstehung solch mächtiger Salzmassen, mit denen die Natur unsere Erde geradezu verschwenderisch ausgestattet hat, konnte nur aus dem Meere erfolgen. Es wäre jedoch falsch anzunehmen, daß dazu nichts weiter nothwendig

Digitized by Google




Das Steinsalzlager zu Cardona.

Digitized by Google

war als die vollständige Austrocknung von Meerestheilen oder ganzer Meere, denn dann hätten immer nur Salzschichten von geringer Mächtigkeit sich bilden können, nicht aber die gewaltigen Salzstöcke, welche bergmännisch ausgebeutet werden. An einer Stelle der Erde können wir jedoch die Natur bei ihrer Arbeit belauschen, und heute noch verfolgen, wie schon seit Jahrhunderten ein Salzlager im Entstehen begriffen ist. Es ist dies die große Salzpfanne des Kaspischen Meeres, die Kara-Bogas, eine Bucht an seinem östlichen Rande, die eine Fläche von etwa 16.000 km² der Turkmenensteppe bedeckt, und nur durch einen sehr engen und flachen Canal, der an vielen Stellen bloß 1 m Tiefe besitzt, mit dem eigentlichen Meeresbecken im Zusammenhange steht. In der Kara-Bogas verdampft nun das Wasser unter dem Einflusse der Sommerhitze und der trockenen Steppenwinde mit großer Raschheit, es entsteht eine concentrirte Salzlösung, welche, da diese Meeresbucht keine Zuflüsse aufnimmt, Salz ausscheidet, das sich zu Boden setzt. Durch den erwähnten Canal strömt aber immer salzhaltiges Wasser zu, so daß sich dieser Vorgang während der heißen Jahreszeit fortlaufend abspielt. Das Kaspische Meer wird dadurch beständig ärmer an Salz, welches sich in der Kara-Bogas ablagert. Baer hat die sich hier pro Tag abscheidende Salzmenge zu 350.000 t berechnet.

Das Meerwasser ist aber nichts weniger als eine reine Chlornatriumlösung, vielmehr konnten neben Kochsalz noch zahlreiche andere Stoffe, Kalium, Calcium- und Magnesiumsalze, Brom, ja selbst Silber nachgewiesen werden, und es ist sogar wahrscheinlich, daß die meisten der bisher bekannten Elemente im unendlichen Ocean enthalten sind.

Bei der geschilderten Entstehung der Salzlager aus dem Meerwasser findet aber auch eine Trennung der gelösten Salze statt. Zunächst scheidet sich immer jenes Salz aus, welches die geringste Löslichkeit besitzt, in diesem Falle das Chlornatrium, und es entsteht eine an den übrigen gelösten Bestandtheilen relativ reichere Mutterlauge. Kommt schließlich auch diese zur Verdampfung, etwa dadurch, daß die Verbindung der Bucht mit dem Meere selbst unterbrochen wird, so lagert sich nun auf der Salzschicht eine weitere Salzschicht auf, die jedoch vorwiegend aus Kalium und Magnesiumsalzen besteht, also aus Salzen, welche leichter löslich sind wie das Chlornatrium.

Ursprünglich wurde diese zweite, auf manchen Salzlagern liegende Krystallisation als werthlos angesehen. Um das Salz zu erreichen, mußte sie durchfahren und weggeräumt werden, und daher stammt der Name „Abraumsalze", welchen sie führen. Erst im ersten Drittel unseres Jahrhundertes lernte man ihren Werth erkennen, und nun sind sie zum Ausgangspunkte bedeutender Industrien geworden, deren Schilderung ebenfalls unsere Aufgabe sein wird. Diese Abraumsalze haben sich jedoch nicht an allen Orten, an welchen Salzablagerungen stattfanden, erhalten und zwar sind sie entweder durch spätere Ueberfluthungen wieder gelöst und fortgeschwemmt worden, während das Chlornatriumlager durch eine undurchlässige Decke von Gips oder Thon geschützt war, oder sie kamen überhaupt nicht zur

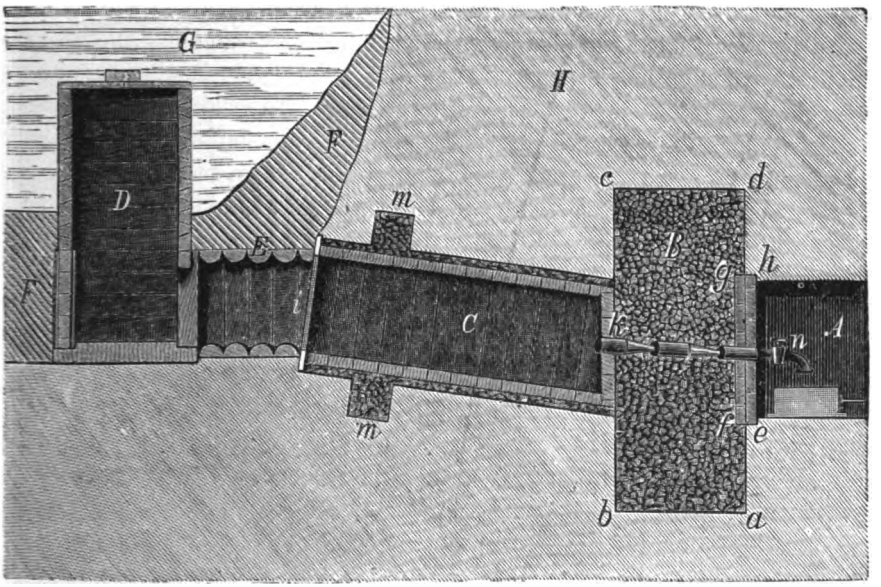
Digitized by Google

REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA



Ablagerung, indem beispielsweise die Mutterlauge einen Abfluß fand. So fehlen sie dem berühmten Steinsalzlager von Wieliczka vollständig, während sie in dem nicht weit entfernten Kalusz vorhanden sind. Der berühmteste Fundort der Abraumsalze, und in seiner Mächtigkeit wohl auch der einzige seiner Art, ist aber Staßfurt, zwischen Halle und Magdeburg gelegen.

Die Gewinnung des Steinsalzes erfolgt in verschiedener Weise. In den allermeisten Fällen muß es einer Reinigung unterzogen werden, welche durch Auflösen in Wasser und darauffolgender neuerlicher Abscheidung in fester, aber weitaus




Ein Wöhrbau im Durchschnitte.

A Hauptstrecke, a, b, c, d Wöhrschram, e, f, g, h Spundwand, B, m Lehmschicht, C, E Canal, i Wand, D Sumpf, g Soole, F Laist, H Haselgebirge, n Hahn.

reinerer Form besteht. Andererseits ist aber die Gewinnung des Salzes selbst durch Lösung die bequemste und billigste Methode, so daß man, wo immer es die Umstände zulassen, dieses Verfahren anwendet.

Handelt es sich beispielsweise um die Ausbeutung im Gebirge gelegener Salzstöcke, die in zahlreichen Fällen nicht aus relativ reinem Steinsalze, sondern aus dem mit Gips und Thon verunreinigten „Haselgebirge“ bestehen, so wird der Sinkwerksbetrieb angewendet. Er besteht darin, daß in der salzführenden Schicht ein großer Hohlraum ausgearbeitet wird, dessen Zugang man durch den sogenannten „Wöhrbau“ verschließt. Es ist dies eine wasserdichte Absperrung, welche es gestattet, den dahinter liegenden Raum mit Wasser zu füllen. Ist dies geschehen, so beginnt nun das Wasser das Salz aus dem Haselgebirge zu lösen.

Digitized by Google

Die unlöslichen Bestandtheile, der „Laist", setzen sich zu Boden, während die Decke des Sinkwerkes, der „Himmel", immer weiter nach oben vorrückt. Da bei der Lösung des Salzes Contraction eintritt und auch das Versinken geringer Wassermengen nicht vermieden werden kann, muß von Zeit zu Zeit Wasser nachgefüllt werden, um das Sinkwerk stets gefüllt zu erhalten. Die Hauptmenge des Salzes wird nämlich an der Decke gelöst, während die entstehende Salzlösung selbst zu Boden sinkt.

Sobald die Salzlösung, die „Soole" genannt, sudwürdig geworden ist, d. h. den nöthigen Grad der Sättigung erreicht hat, was bei einem Salzgehalte von 320 g pro Liter der Fall ist, wird sie durch einen im Wöhrbau vorgesehenen Hahn abgelassen. Damit die ausfließende Salzsoole aber nicht eine zu große Menge unlöslicher Bestandtheile mitreißt, ist im Inneren des Sinkwerkes der sogenannte „Sumpf" eingebaut. Es ist dies ein aus Bohlen verfertigter, oben geschlossener viereckiger Kasten, durch dessen Fugen die gesättigte Salzlösung eindringt, während die ungelösten Antheile der Hauptsache nach zurückgehalten werden. Die Salzsoole wird dann nach großen, im Berge ausgesparten Reservoirs geleitet, wo sie viele Monate der Ruhe überlassen wird, um den suspendirten Stoffen Gelegenheit zu geben, sich zu Boden zu setzen. Erst dann wird sie dem Sudhause zugeführt. Dies geschieht häufig durch viele Kilometer lange Soolenleitungen, die oft mit großer Kühnheit angelegt sind, und von denen die den Hallstätter Salzberg mit dem Sudhause in Ischl verbindende Soolenleitung wohl die bekannteste ist.

Ist ein Sinkwerk entleert, so wird der Laist entfernt und der Himmel abgeebnet, worauf es neuerdings mit Wasser gefüllt wird. Dies wird so lange fortgesetzt, bis der Zwischenraum zwischen dem Himmel und dem darüberliegenden Stollen zu gering wird, um noch, ohne die Gefahr eines Verbruches hervorzurufen, weiter „abgeätzt" zu werden.

In der Ebene sind jedoch solche Sinkwerksanlagen nicht ausführbar, denn sie erfordern Gefälle nach zwei Richtungen, einerseits zur Zuleitung des Wassers, andererseits zur Ableitung der Soole; die Anlage von Pumpwerken würde diese Gewinnungsart zu sehr vertheuern. Man greift deshalb, wenn es sich um die Ausbeutung in der Ebene gelegener Salzlager handelt, zu dem Mittel, daß man Bohrlöcher bis in die salzführende Schicht niedertreibt, eine Pumpe einhängt, und zwischen dieser und der Verrohrung des Bohrloches Wasser einfließen läßt. Dieses reichert sich dann in der Tiefe mit dem Salze an, und die Salzsoole wird mit Hilfe der Pumpe zu Tage gehoben. Es entsteht auf diese Weise in der Tiefe ein sich immer mehr vergrößernder Hohlraum, welcher ursprünglich vom Salze erfüllt war.

So einfach und natürlich dieser Vorgang erscheint, so ist er doch mit verschiedenen Nachtheilen dem Sinkwerksbetriebe gegenüber verbunden. Bei diesem ist man nämlich im Stande, die Einwirkung des Wassers auf das salzführende Gebirge zu begrenzen, und man kann beispielsweise verhindern, daß auch andere, die Soole verunreinigende Salzlager angegriffen werden; bei reinen Salzlagern spielt

Digitized by Google

allerdings dieser Umstand nur eine untergeordnete Rolle. Man ist bei der Ausbeutung von Salzlagern mittelst des Bohrlochbetriebes aber nicht im Stande, den sich am Boden des Bohrloches ansammelnden Laist zu entfernen, und unter Umständen kann dieser dann eine so dichte und zusammenhängende Decke bilden, daß das Wasser nicht mehr zu den darunter gelegenen Salzschichten zu gelangen vermag. Es wird dann die erpumpte Soole immer schwächer und schwächer, endlich ist sie nicht mehr siedewürdig, und dann muß das theure Bohrloch verlassen werden. Außerdem gelingt es auch nicht der Soole eine solche Concentration zu ertheilen wie beim Sinkwerksbetriebe. Es kann auch das Salzlager nicht in gleicher Weise rationell abgebaut werden, da zwischen je zwei Bohrlöchern ein größerer Zwischenraum bleiben muß, welcher sich der Einwirkung des Wassers entzieht. Und schließlich ist noch etwas zu bedenken. Durch die Anlage solcher Bohrlöcher und die Auflösung des Salzes in der Tiefe werden bedeutende Hohlräume geschaffen, von deren Ausdehnung und Richtung man sich in der Regel kein klares Bild zu machen vermag. Und diese Hohlräume können dann zu Einstürzen und Verbrüchen oder doch zu bedeutenden Senkungen des darüberliegenden Terrains Veranlassung geben.

Die Gewinnung des Kochsalzes aus den Soolen geschieht dadurch, daß der Lösung Wasser entzogen wird, wodurch das Chlornatrium auskrystallisirt. Da aber die verschiedenen Salzsoolen durchaus nicht reine Kochsalzlösungen sind, sondern noch zahlreiche andere Stoffe gelöst enthalten, so müssen diese zunächst abgeschieden werden, was durch fractionirte Krystallisation erfolgt. Um ein Beispiel für den Gehalt der Salzsoolen an anderen Salzen zu geben, sei hier die Zusammensetzung der in Dürenberg erzeugten Soole der Saline Hallein mitgetheilt. Sie enthält:

| | |
|---|---|
| Chlornatrium | 24·52 g |
| Chlorkalium | 0·09 g |
| Chlormagnesium | 1·99 g |
| Bromnatrium | 0·01 g |
| Gips | 1·72 g |
| Schwefelsaures Natrium | 0·09 g |
| Kohlensauren Kalk | Spur |
| Kieselsäure | 0·01 g |
| Mangan | Spur |
| Thonerde | " |
| Organische Substanz | " |

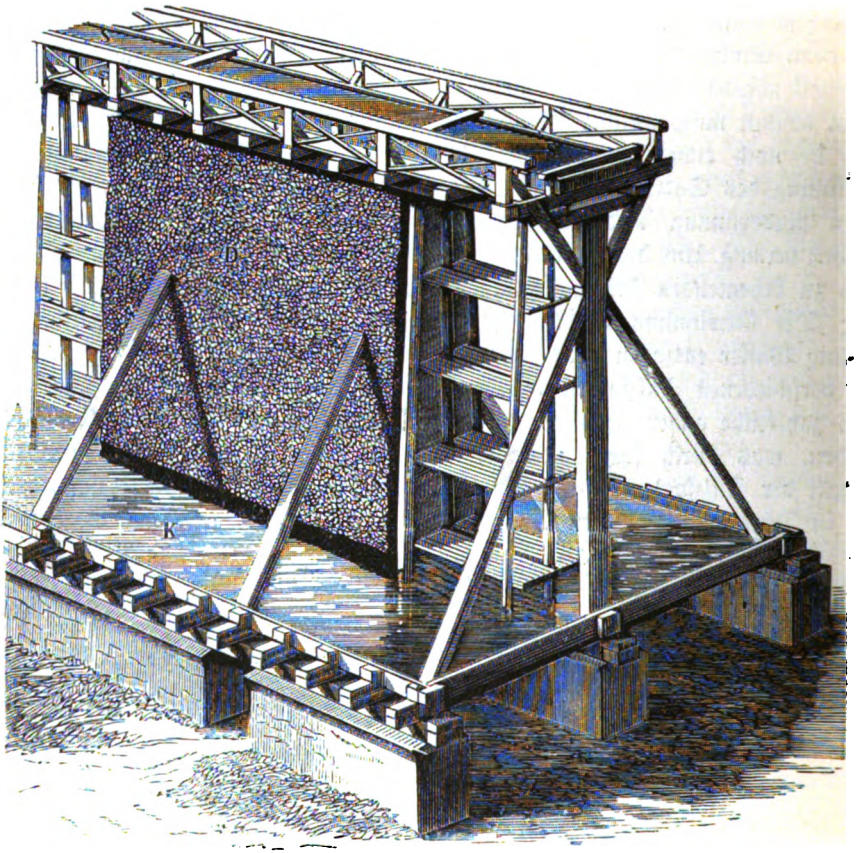
Gelangten diese Stoffe in das Speisesalz, so würden sie diesem nicht nur ein unschönes Aussehen ertheilen, und es wäre nicht vollständig in Wasser löslich, sondern auch sein Geschmack und seine Eigenschaften erlitten eine Veränderung. Besonders würde ein Gehalt an Chlormagnesium das Salz in feuchter Luft zerfließlich machen.

Wenn es sich um die Verarbeitung nicht siedewürdiger Salzsoolen handelt, bei denen also die Beschaffung des zur Verdampfung des Wassers erforderlichen

Digitized by Google

Brennmateriales mit zu bedeutenden Kosten verbunden wäre, so müssen sie vor dem eigentlichen Versieden auf eine höhere Concentration gebracht werden. Man erreicht dies entweder dadurch, daß man Steinsalz in der Soole löst oder indem man ihr mittelst der Gradirung Wasser entzieht.

Die Gradirung besteht im Wesentlichen darin, daß die zu concentrirende Soole aus hochgelegenen Reservoirs über eine aus Dornen und Reisig gebildete



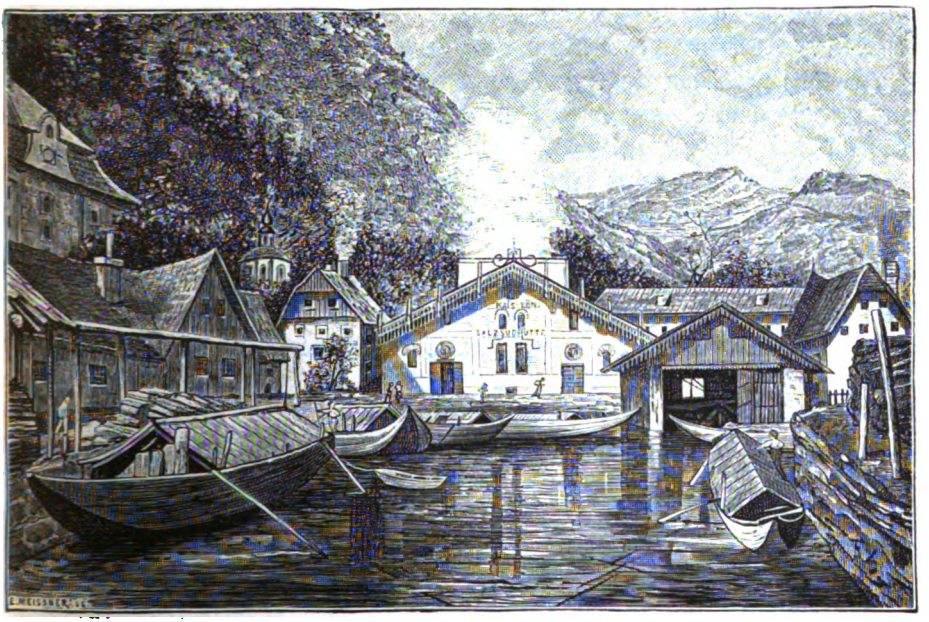
Gradirwand.

Wand laufen gelassen wird. Dabei vertheilt sie sich auf einer sehr großen Oberfläche und bewegt sich nur langsam nach abwärts; schon dadurch wird die Verdunstung wesentlich beschleunigt. Um diese aber noch rascher von Statten gehen zu lassen, werden die Gradirhäuser so aufgestellt, daß sie der Quere nach von der an Ort und Stelle häufigsten Windrichtung durchstrichen werden. Indem man auf diese Weise die Soole auf einer großen Oberfläche vertheilt und sie der bewegten Luft aussetzt, verliert sie sehr rasch beträchtliche Mengen Wasser und

Digitized by Google

langt schon wesentlich concentrirter in dem unterhalb der Dornenwand befindlichen Reservoir an. Von hier wird sie auf ein zweites und drittes Gradirwerk geleitet, und dies so lange fortgesetzt, bis sie die erfahrungsgemäß zweckmäßigste Concentration erreicht hat. Mit Hilfe des Gradirens ist man jedoch nicht im Stande, den Gehalt der Soole an Salz über 22 bis 23% zu steigern.

So einfach und zweckmäßig auch das Gradiren auf den ersten Blick erscheinen mag, so wird es doch immer mehr und mehr verlassen, und zwar deshalb, da die Arbeit nur sehr langsam von Statten geht, und da andererseits ziemlich empfindliche Salzverluste nicht vermieden werden können. Diese kommen dadurch zu Stande,



Sudhaus in Hallstatt. (Nach einer Photographie.)

daß die Soolbehälter und Leitungen nicht vollkommen dicht sind, und daß ferner der Wind stets Salzlösung verweht. Diese Verluste können bis zu 23% betragen, und es ist leicht erklärlich, weshalb die Luft in der Nähe von Gradirwerken stets sehr salzreich ist, so daß sie auch zu Heilzwecken dient.

Bei der Gradirung wird aber nicht nur eine Abgabe von Wasser erreicht, sondern es gelangt schon hier ein Theil der die Soole verunreinigenden Stoffe zur Abscheidung. An den Reisigbündeln, über welche die Soole fließt, setzen sich nämlich Gips, kohlensaurer Kalk und kohlensaure Magnesia, ferner Eisenoxyd als sogenannter „Dornstein“ ab, der stets auch Kochsalz einschließt. Dieser Dornstein bildet mit der Zeit immer dickere Krusten, er verengt nach und nach die Zwischenräume in den Wänden und beeinträchtigt dadurch den Erfolg der Gradirung.

Digitized by Google

Deshalb muß innerhalb gewisser Zeiträume, gewöhnlich nach Ablauf mehrerer Jahre, eine Auswechslung der Reisigbündel vorgenommen werden.

Ist die Salzsoole siedewürdig geworden, so wird sie in große Pfannen aus Eisenblech gebracht und in diesen versotten, was in den sogenannten „Salzkoten" oder „Sudhäusern" geschieht. Das Princip des Versiedens besteht darin, daß durch Erwärmung Wasser verdampft und dadurch das Salz seines Lösungsmittels beraubt wird. Dies geschieht jedoch nicht in einer Operation, sondern zunächst wird die Soole so lange erhitzt, bis sich an ihrer Oberfläche Salzkrystalle abzuscheiden beginnen. Man bezeichnet diesen Vorgang als das „Stören". Dann wird die Soole in eine andere Pfanne fließen gelassen und in dieser fertig verkocht, diese Operation wird „Soggen" genannt.

Diese Zerlegung der Verdampfung in zwei Operationen hat ihren besonderen Grund. Wie wir schon erwähnten, enthält keine Salzsoole ausschließlich Kochsalz, sondern auch andere Salze, welche sich durch eine geringere Löslichkeit auszeichnen. Während des Störens gelangen diese nun zur Abscheidung, und der entstehende Niederschlag enthält neben einer geringen Menge Kochsalz Gips, Eisenoxyd, kohlensauren Kalk, schwefelsaure Magnesia und organische Substanz. Während des Störens wird der Inhalt der Pfanne stets in lebhaftem Kochen erhalten, um zu verhindern, daß sich eine größere Menge dieses Niederschlages als sogenannter „Pfannenstein" am Boden und den Wandungen der Pfanne ansetzt. Wäre dies der Fall, so könnten die darunter liegenden Theile der Pfanne, welche direct vom Feuer getroffen werden, leicht glühend werden. Springt nun plötzlich an einer solchen Stelle ein Stück des Pfannensteines ab, und trifft die Salzsoole auf das glühende Blech, so entstehen Risse und undichte Stellen in der Pfanne. Hält man aber den Inhalt der Pfanne während des Störens in lebhaftem Kochen, so scheidet sich der Pfannenstein in Form eines Pulvers ab, welches durch Ausrücken entfernt wird.

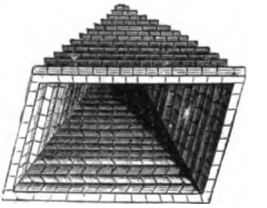
Ist das Stören beendet, so wird die nun wesentlich reinere Soole in eine zweite Pfanne geleitet — sehr reine Soolen können auch in einer Pfanne vollständig versotten werden — und hier wird nun das Verdampfen, das „Soggen", bis zur Bildung von Krystallen fortgesetzt. Die Temperatur wird hier tiefer gehalten, sie liegt zwischen 75 und 90°. In dem Maße als das Wasser verdampft, gelangt Salz zur Ausscheidung, welches ausgerückt wird. Je weniger dabei die Flüssigkeit umgerührt wird, je ruhiger der Proceß der Krystallisation verläuft, desto größere Salzkrystalle werden erhalten. Läßt man eine Salzlösung ruhig verdunsten und krystallisiren, so erhält man das Salz in schönen, gut ausgebildeten kleinen Würfeln, welche sich derart aneinander gruppiren, daß vierseitige, innen hohle Pyramiden mit treppenförmigen Wänden entstehen.

Die Abbildung auf Seite 207 zeigt ein Sudhaus im Verticalschnitte. Die zum Verdampfen der Soole dienenden Pfannen besitzen die Form eines Rechteckes, über ihnen erhebt sich der Dampfschlauch, der die Wasserdämpfe nach einem Schlote leitet. Der zwischen der Pfanne und dem Dampfschlauche verbleibende

Digitized by Google

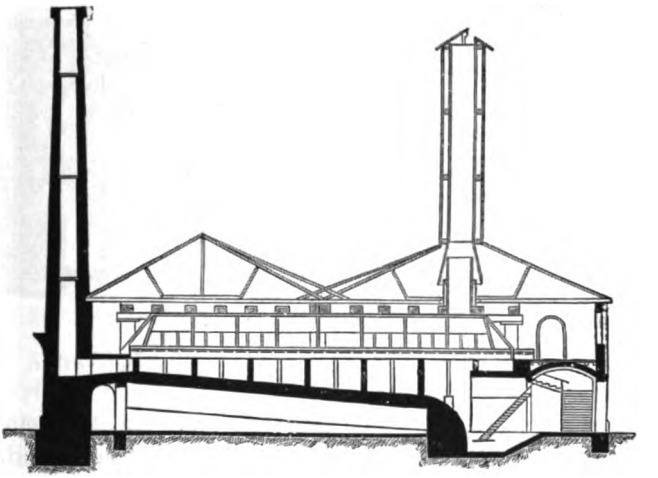
Raum, der zum Herausziehen des Salzes erforderlich ist, wird durch Klappen verschlossen, welche mit Leinwand überzogene Rahmen bilden.

Das aus der Soggepfanne ausgekrückte Salz wird zum Zwecke des Abtropfens der anhaftenden Mutterlauge auf Bühnen oder in Körbe gebracht, dann kommt es in Trockenkammern, wo es vollständig getrocknet wird. Die Heizung der Trockenkammern erfolgt fast ausschließlich durch die von den Pfannen abziehenden Feuergase oder Wasserdämpfe. Das feinste Tafelsalz wird in Centrifugen ausgeschleudert, um die Mutterlauge so vollständig als möglich zu entfernen, und dann in verzinnten Kupfergefäßen durch Einblasen eines warmen Luftstromes getrocknet.



Kochsalzkrystalle.

Außer den beschriebenen Pfannen wurden noch verschiedene Apparate construirt, welche die rationelle Verdampfung der Soole ermöglichen sollen. Die Construction solcher Apparate ist jedoch durchaus keine so einfache Sache, da sich während der Verdampfung Salz ausscheidet, welches entfernt werden muß. Will man also die Verdampfung in geschlossenen Gefäßen und unter vermindertem Luftdrucke vornehmen, so sind zahlreiche Schwierigkeiten zu überwinden. Das Verdampfen unter vermindertem Drucke besitzt jedoch den Vortheil, daß Brennmaterial gespart wird, denn der Siedepunkt einer Flüssigkeit erniedrigt sich in dem Maße, als der auf ihr lastende Luftdruck vermindert wird, während er unter erhöhtem Drucke steigt. Auf dieser Erscheinung beruht das bekannte Experiment, daß Wasser in einem verschlossenen Kolben nach einiger Zeit zu kochen aufhört, daß das Kochen jedoch wieder beginnt, sobald man den Kolben vom Feuer nimmt und mit kaltem Wasser begießt. Dadurch condensirt sich der in dem Raume oberhalb der Flüssigkeit vorhandene Wasserdampf, der auf dem Wasser lastende Druck des Dampfes wird aufgehoben, und nun genügt die Wärme des Wassers wieder, um Dampfblasen zu erzeugen.



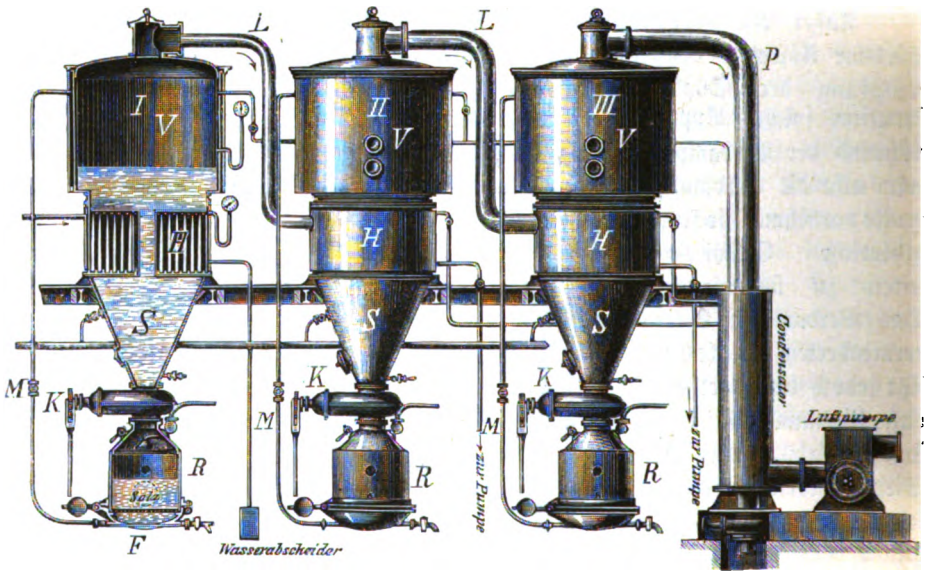
Verticalschnitt durch ein Sudhaus.

Noch rationeller wird aber der Vorgang des Verdampfens, wenn man drei Verdampfapparate, deren Einrichtung wir gleich kennen lernen werden, in solcher

Digitized by Google

Weise miteinander verbindet, daß der sich im ersten Körper entwickelnde Dampf in das Heizrohrsystem des zweiten Körpers, der Dampf aus dem Verdampfraume des zweiten Körpers in das Heizrohrsystem des dritten strömt, während der sich im letzten Körper entwickelnde Dampf mittelst einer Luftpumpe abgesogen wird. Es spielt sich dann folgender Vorgang ab:

Wird der erste Körper des Systems durch den Retourdampf einer Dampfmaschine, welcher 100° besitzt, geheizt, und wird mit Hilfe der Luftpumpe eine solche Druckverminderung erzeugt, daß die Flüssigkeit im ersten Körper bei 80° siedet, so wird der Heizdampf vollständig ausgenützt. Der 80° heiße Dampf aus dem ersten Körper tritt nun in den Heizraum des zweiten ein, hier ist die Druck-



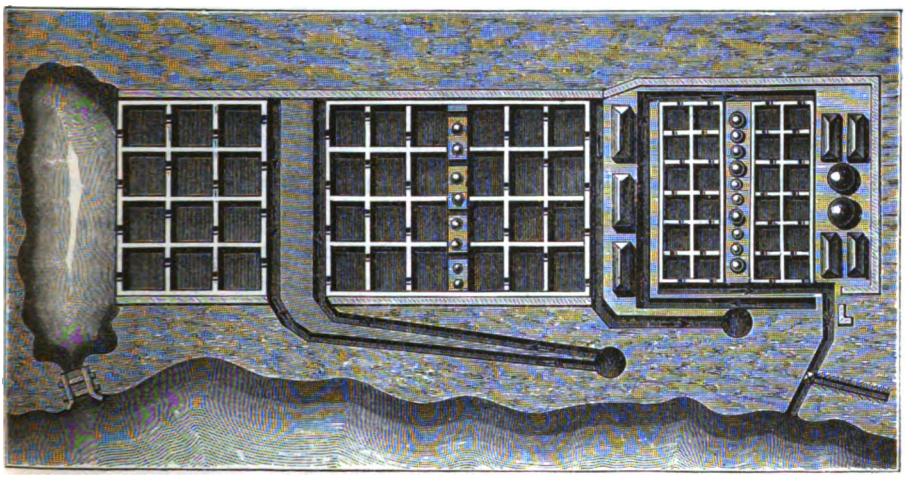

Pick'scher Verdampfapparat.

verminderung aber so stark, daß die zu verdampfende Flüssigkeit schon bei 60° kocht. Nun wird auch hier der Heizdampf vollständig ausgenützt, und das gleiche ist endlich auch im dritten Körper der Fall, in welchem der Siedepunkt der Flüssigkeit jedoch schon bei 40° liegt. Der sich hier entwickelnde Dampf wird von der Saugpumpe abgesogen und kann noch zum Vorwärmen der zur Verdampfung gelangenden Flüssigkeit dienen.

Nach diesem Systeme ist der Pick'sche Verdampfapparat für Salzlösungen construirt, welchen die obenstehende Abbildung zeigt. Die drei Körper sind mit I, II und III bezeichnet. Die Salzsoole wird in den Verdampfraum V gebracht, welcher sich über dem Heizkörper H befindet. Das sich bei der Verdampfung ausscheidende Salz fällt durch eine ringförmige Oeffnung im Heizkörper nach dem kegelförmigen Raume S, welcher durch einen Schieber geschlossen ist. Wird dieser

Digitized by Google

Schieber K geöffnet, so gelangt das Salz mit Soole gemischt in den Raum R, in welchem es auf der Filterschicht F aufruht. Der untere Theil des Raumes R steht jedoch durch ein Rohr M mit dem Verdampfraume V in Verbindung, in welchem verminderter Luftdruck herrscht. Von Zeit zu Zeit wird ein in diesem Rohre M angebrachter Hahn geöffnet, und nun pflanzt sich das Vacuum bis nach R fort, die Salzsoole wird von dem Salze abgenutscht und wieder in den Verdampfraum befördert. Aus dem Verdampfraume des ersten Körpers gelangt der Dampf durch das Rohr L nach dem Heizraume des zweiten u. s. f., der dritte Körper endlich steht durch das Rohr P mit dem Condensator und der Luftpumpe in Verbindung. Das sich in den Heizräumen ansammelnde Condenswasser wird abgeleitet, das Salz selbst wird aus dem Raume R durch ein Mannloch von Zeit



Anlage eines Salzgartens.

zu Zeit entfernt. Die Einrichtung der Körper II und III ist die gleiche wie die des ersten Körpers, alles Weitere ist aus der Abbildung zu ersehen.

Ansehnliche Mengen Salz werden auch aus den Salzseen und aus dem Meerwasser gewonnen, und zwar durch freiwillige Verdunstung in den sogenannten „Salzgärten". Hier wird das Meerwasser in große, flache, durch niedere Dämme untereinander abgegrenzte Bassins geleitet, in welchen es sich langsam concentrirt. Um jedoch ein reineres Product zu erhalten, wird dieser Vorgang nicht in einer Operation zu Ende geführt. Man läßt vielmehr das Meerwasser zunächst in ein größeres Sammelbassin eintreten, in welchem es sich theilweise klärt, ferner beginnt hier auch schon die Verdunstung. Dann wird es nach Vorteichen geleitet, wo die Klärung und Concentration fortschreitet. Von hier gelangt das Wasser in eine weitere Reihe von Verdunstungsbassins, in welchen sich die größte Menge des Gipses und der schwefelsauren Magnesia (Bittersalz) abscheidet, und die Lösung



Digitized by Google

daher reiner und durch weitere Verdunstung reicher an Chlornatrium wird. Endlich wird diese Salzlösung nach den Krystallisationsbassins geschafft, wo die Abscheidung des Salzes beginnt. Je nach dem Fortschreiten derselben wird das Salz ausgeschöpft und auf den Dämmen in kleinen Haufen gesammelt.

Hier bleibt das Salz, mit Binsen oder Stroh bedeckt, längere Zeit liegen. Das stets in größerer Menge vorhandene Chlormagnesium zieht dann aus der Luft Feuchtigkeit an und zerfließt, die schwere Lösung sickert in den Haufen nach abwärts und fließt endlich ab. Auf diese Weise wird das Salz noch weiter gereinigt, endlich werden die Haufen gesammelt und an den Ort ihrer Bestimmung gebracht.

Die Anlage eines solchen Salzgartens, der mit allen seinen Bassins und Canälen Hunderte von Hektaren bedeckt, geschieht derart, daß er entweder tiefer liegt wie der Meeresspiegel, oder daß das Meerwasser doch zur Zeit der Fluth ungehinderten Zutritt zu dem Hauptbassin findet. Das Zurückfließen des Wassers zur Zeit der Ebbe wird durch eine Schleuse verhindert. Als Nebenproduct wurde früher in manchen Salzgärten Brom aus den Mutterlaugen gewonnen, seit dem Aufschwunge der Staßfurter Industrie stammt jedoch fast alles Brom aus den Abraumsalzen, und wir werden noch Gelegenheit haben, die Gewinnung dieses interessanten Körpers zu besprechen.

Das Kochsalz ist nicht nur eine Würze der Speisen, sondern als Nahrungsmittel zu betrachten, denn es spielt im Organismus eine bedeutende Rolle, es liefert die Salzsäure des Magensaftes und scheint auch in sehr inniger Beziehung zum Zellbildungsprocesse zu stehen.

Hauptsächlich für eine zum größten Theile aus Vegetabilien bestehende Kost ist das Salz eine unentbehrliche Zugabe, denn mit der erhöhten Aufnahme von Kali, an welchem die Vegetabilien besonders reich sind, findet auch eine erhöhte Abscheidung von Natron aus dem Körper statt. Bei ausschließlicher Pflanzennahrung würde aber der Körper an Natronsalzen verarmen, wenn dieser erhöhte Abgang nicht gleichzeitig durch die Zufuhr von Kochsalz ausgeglichen würde. Solchen Völkerschaften, welche sich ausschließlich von pflanzlicher Kost nähren, ist daher das Kochsalz ein unentbehrliches Nahrungsmittel, während es andererseits einzelnen Völkerstämmen, wie den Kamtschadalen, Tungusen und Samojeden nicht einmal dem Namen nach bekannt ist; diese Völker sind aber alle ausschließlich Fleischverzehrer und deshalb bedürfen sie des Salzes nicht. Alle Menschen dagegen, welche ausschließlich Pflanzenkost oder doch gemischte Nahrung verzehren, benöthigen das Salz und es tritt dann ebenso in die Reihe der Nahrungsmittel ein wie das Wasser oder die Eiweißkörper.

Kochsalz kann auch auf künstlichem Wege dargestellt werden, und eine Industrie, bei welcher es als Nebenproduct gewonnen wird, haben wir schon kennen gelernt, es ist dies die Fabrikation des Kalisalpeters, des sogenannten „Conversionssalpeters“ aus Natriumnitrat und Chlorkalium. Dieses Kochsalz ist sehr rein und als Speisesalz trefflich geeignet. Jedoch erzählt die Geschichte auch

Digitized by Google

Fälle, in welchen man thatsächlich diese unentbehrliche Würze auf künstlichem Wege beschaffen mußte. Dies war beispielsweise bei der Belagerung von Metz im Jahre 1870 der Fall. Wie mit einem eisernen Ringe war diese Festung von den deutschen Belagerungstruppen umgeben und jede Zufuhr von Lebensmitteln war abgeschnitten. Nun waren in Metz wohl genügende Mengen von Nahrungsmitteln aufgestapelt, so daß an diesen nicht so leicht Mangel eintreten konnte, Salz war jedoch nicht in ausreichender Menge vorhanden. Da erbot sich der Chemiker Courte, das nöthige Salz zu liefern, und vom 7. October angefangen stellte er täglich durch Fällung einer Lösung von Chlorbarium mit schwefelsaurem Natrium — welche sich in Chlornatrium und unlösliches schwefelsaures Barium umsetzen — über 300 l einer 30%igen Kochsalzlösung dar, also täglich gegen 100 kg Salz.

Ein erwachsener Mensch mit 75 kg Körpergewicht verbraucht im Jahre 7 bis 8 kg Kochsalz. Von der gewaltigen Menge des in einem Jahre auf der Erde producirten Salzes wird aber weit weniger als die Hälfte zu Nahrungszwecken verwendet. Weitaus der größere Theil findet in den chemischen Industrien und in der Landwirthschaft Verwendung, welche gewaltigen Quantitäten dies aber sind, geht aus der folgenden Zusammenstellung, welche sich nur auf Deutschland bezieht, hervor.

Es wurden verbraucht:

| | 1880 | 1896 |
|---|---|---|
| Als Viehsalz | 95.777 | 113.886 t |
| zur Düngung | 2.801 | 3.491 t |
| in Glaubersalz- und Sodafabriken | 122.863 | 294.801 t |
| in chemischen und Farbenfabriken | 11.737 | 38.705 t |
| zur Seifen- und Kerzenfabrikation | 5.584 | 8.649 t |
| in der Lederindustrie | 7.634 | 18.203 t |
| in der Metallwaarenbranche | 4.989 | 21.686 t |
| in der Glas- und Thonwaarenindustrie | 2.425 | 1.903 t |
| zu sonstigen technischen Zwecken | 22.309 | 9.914 t. |

Die Gesammtproduction an Salz betrug im Jahre 1896 13,241.284 t (à 1000 kg), davon entfielen auf

| | |
|---|---|
| Deutschland | 1,049.644 t |
| Oesterreich-Ungarn | 467.236 t |
| Italien | 475.805 t |
| Frankreich | 842.529 t |
| Großbritannien | 2,146.849 t |
| Rußland | 1,392.157 t |
| China | 1,648.648 t |
| Vereinigte Staaten | 1,261.596 t. |

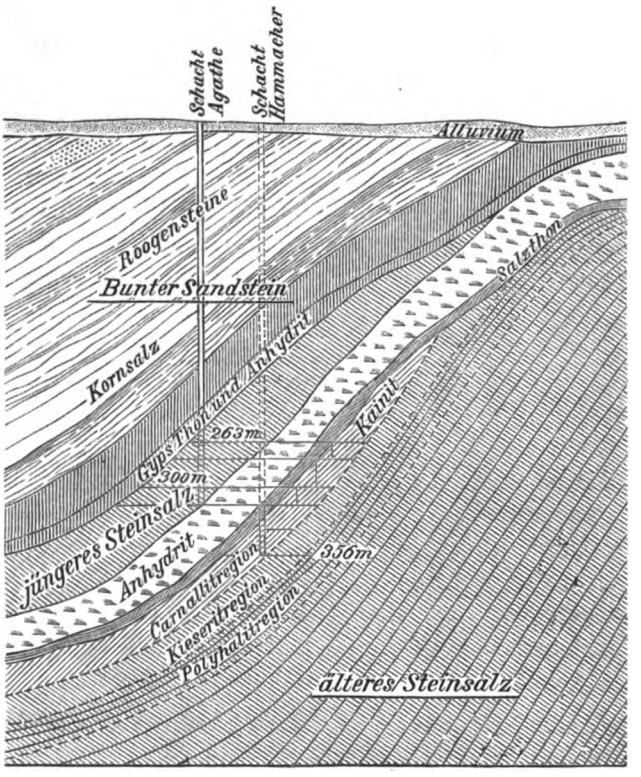
In jenen Staaten, in welchen das Salz ein Staatsmonopol bildet, wird das industriellen Zwecken dienende Salz zu billigerem Preise abgegeben wie das



Digitized by Google

Speisesalz. Um jedoch eine Verwendung zu Genußzwecken zu verhindern, wird es „denaturirt", d. h. mit Stoffen vermengt, welche es ungenießbar machen, seiner Verwendung als Industriesalz jedoch nicht im Wege stehen.

Als Denaturirungsmittel finden die verschiedenartigsten Stoffe, je nach dem Zwecke, welchem das Salz dienen soll, Verwendung. So erhält Viehsalz eine Beimengung von Eisenoxyd und Wermuthpulver, Düngesalz Petroleum, Carbolsäure, Kohlenstaub oder Ruß. Salz, welches für Soda- oder Glaubersalzfabriken bestimmt ist, wird mit schwefelsaurem Natrium, Soda oder mit Braunstein vermengt, Färbereien und Farbenfabriken erhalten mit Farbstoffen, Kupfervitriol oder Pikrinsäure versetztes Salz u. s. w. Der Staat findet also stets Mittel und Wege, um sich vor jeder Benachtheiligung zu schützen, denn wenn es auch relativ leicht möglich wäre, aus dem denaturirten Salze wieder Speisesalz herzustellen, es zu „renaturiren", so wären diese Operationen doch mit so bedeutenden Kosten verbunden, daß von einem Gewinne oder Vortheile keine Rede sein könnte.




Die Salzlager von Neu-Staßfurt.

Gleich den Natriumsalzen spielen auch die Kaliumsalze in der Technik eine große Rolle, und es sind namhafte Industrien, welche sich mit ihrer Darstellung befassen. Während aber wenigstens ein Natriumsalz, das Chlornatrium, in der Natur stellenweise in vollkommen reinem Zustande angetroffen wird und große Lager desselben ausgebeutet werden, ist das Gleiche bei den Kaliumsalzen nur in wenigen vereinzelten Fällen zutreffend. Die Kaliumsalze, als deren wichtigstes und bedeutendstes Vorkommen die „Abraumsalze" anzusehen sind, treten vielmehr hauptsächlich in Gemischen mit anderen Salzen auf, und Aufgabe der Industrien, welche sich mit der Verarbeitung dieser Salze befassen, ist es dann, sie in reinen Zustand überzuführen.

Digitized by Google

Die Entstehung der mächtigen Kalisalzlager Norddeutschlands, der „Abraumsalze", haben wir schon kurz gestreift. Sie erfolgte in ähnlicher Weise wie die der großen Steinsalzlager. Durch Verdunstung des Meerwassers in der wärmeren Jahreszeit gelangten 8 bis 9 cm starke Schichten von Chlornatrium zur Abscheidung, während sich im Winter aus dem frisch zufließendem Meerwasser Gips absonderte. Diese Aufeinanderfolge der Absonderungen hatte die Bildung ziemlich scharf voneinander abgegrenzter Schichten im Gefolge, welche als „Jahresringe" bezeichnet zu werden pflegen. Die Stärke dieser Gipsschichten beträgt durchschnittlich 7 mm und der Gehalt des Salzlagers an Gips etwa 8%. Aus diesen Daten läßt sich nun berechnen — allerdings unter der nicht ganz einwandfreien Annahme, daß thatsächlich während eines Jahres nur eine solche Gipsschicht zur Abscheidung gelangte — daß zur Bildung dieses Lagers ein Zeitraum von 15.000 Jahren erforderlich war. Nun fehlt uns aber jeder Anhaltspunkt, welcher Zeitraum seit der Abscheidung des letzten, jüngsten Jahresringes verstrichen sein mag. Das wirkliche Alter dieses Steinsalzlagers entzieht sich also vollständig unserer Berechnung.

Während aber diese enormen Mengen Steinsalz ausgeschieden wurden, sammelten sich in der Mutterlauge bedeutende Mengen leichter löslicher Salze, und zwar sowohl Kalium- als auch Magnesiumsalze an. Diese gelangten dann, als das Zuströmen von Meerwasser durch eine Hebung des Bodens oder durch Versandung der Meerenge unterbrochen wurde, durch den fortdauernden Verdunstungsproceß in verschiedener Form zur Abscheidung. An Stelle des Gipses (hier Anhydrit, d. i. schwefelsaurer Kalk, während der eigentliche „Gips" zwei Molecüle Krystallwasser enthält) traten im Steinsalze zunächst Schnüre von Polyhalit, einem Gemenge von schwefelsaurem Kalium, Magnesium und Calcium auf. Diesem Vorkommen verdankt diese etwa 60 m mächtige Schicht den Namen „Polyhalitregion". In der nun folgenden Ablagerung wurde das noch vorherrschende Steinsalz durch Kieserit und Carnallit verunreinigt; letzteres Salz gewinnt immer mehr die Oberhand, und endlich geht das Salzgemenge in ein bauwürdiges Carnallitlager über.

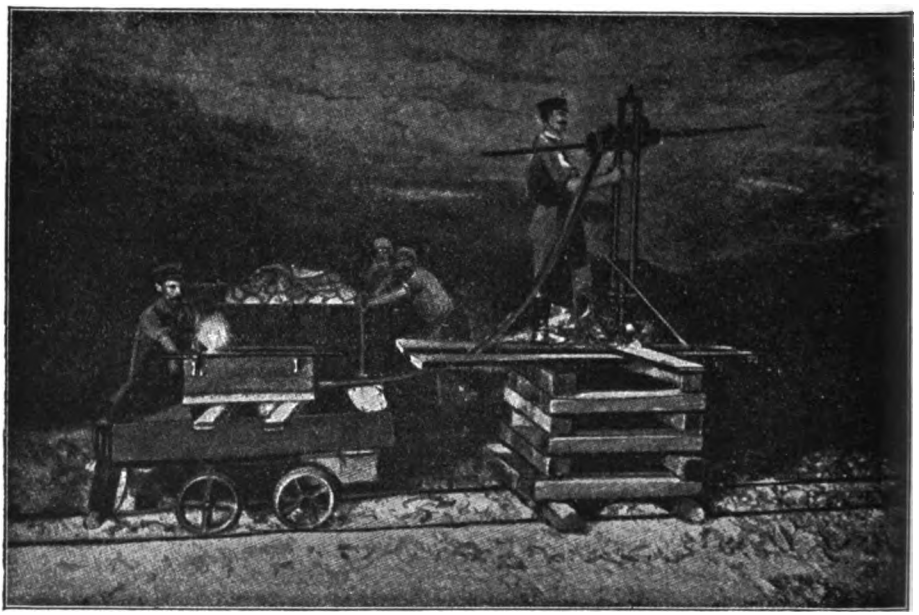
Der Carnallit — ein Gemenge von Chlormagnesium und Chlorkalium — bildet in einer Mächtigkeit von ungefähr 25 m das Hangende des ganzen Salzlagers: er ist aber mit Steinsalz und Kieserit derart durchwachsen, daß die Carnallitregion durchschnittlich aus 55% Carnallit, 26% Steinsalz, 17% Kieserit und 2% Anhydrit und Thon besteht. Ferner sind im Carnallit auch Knollen von Boracit eingelagert; diese werden durch Ausklauben gewonnen und gesondert verarbeitet. In der reinsten Varietät ist der Carnallit vollkommen weiß, meistens aber durch beigemengte organische Substanz und Thon grau bis schwarz, oder durch Eisenoxyd in den verschiedensten Farbennuancen roth gefärbt.

Der stets in Gesellschaft des Carnallits auftretende Kieserit (schwefelsaure Magnesia mit einem Molecül Wasser) ist amorph und durchscheinend, an der Luft wird er durch Wasseraufnahme trübe.

Der Carnallit wurde durch eine etwa 8 m mächtige Schicht von Salzthon zugedeckt, welche im Wesentlichen aus Gips, kohlensaurer Magnesia und Thon

Digitized by Google

besteht. Darüber hat sich eine 40 bis 90 m mächtige Anhydritschicht und schließlich bunter Sandstein abgelagert. Nur an wenigen Stellen ist zwischen den beiden letzteren eine 40 bis 120 m mächtige Schicht von jüngerem Steinsalz mit nur wenigen Polyhalitjahresringen eingebettet. Durch eine von Südost nach Nordwest streichende Erhebung, den Egeln-Staßfurter-Roogensteinsattel, wurde das Salzlager in zwei Theile geschieden, worauf durch eindringendes Wasser die Salze theils gelöst, theils zersetzt wurden. Der Carnallit hinterließ ein Gemenge von Chlorkalium, Steinsalz und Kieserit als sogenanntes Hartsalz, er setzte sich in seinen oberen Schichten auch mit Sulfaten in Kainit um.



Drehbohrmaschine mit elektrischem Antriebe im Salzbergwerke Neu-Staßfurt.

Ueber die Mächtigkeit der Staßfurter Kalisalzlager ist man heute noch nicht ganz im Klaren. In einer Tiefe von 630 m stieß man noch auf Kalisalze, und in den letzten zehn Jahren wurden mehrmals neue Lager aufgefunden. Es ist also die Gewißheit vorhanden, daß diese Abraumsalze noch Jahrhunderte hindurch die Industrie und die Landwirthschaft mit den so wichtigen und werthvollen Kalisalzen versehen werden.

Auch in Galizien, südlich von Lemberg bei Kalusz, findet sich ein ähnliches Lager von Kalisalzen, dessen obere Schichten fast ausschließlich aus Kainit und Sylvin bestehen, Carnallit wurde erst in größerer Tiefe angetroffen. Dagegen fehlt das nach der Analogie in Staßfurt zu erwartende mächtige Steinsalzlager vollständig, und dies hat zu der Vermuthung geführt, daß das Kaluszer Lager mit

Digitized by Google

dem imposanten Steinsalzvorkommen zu Wieliczka in einem gewissen Zusammenhange steht. Dem Salzlager zu Wieliczka fehlen nämlich wieder die Kalisalze, und man nimmt, gestützt auf diese Thatsache und andere geologische Erscheinungen, an, daß man in dem Kaluszer Lager die Mutterlaugensalze des Wieliczkaer Steinsalzlagers zu erblicken habe.

Während aber leider das Kaluszer Kalisalzlager, trotz seiner Mächtigkeit, trauriger, wirthschaftlicher Verhältnisse wegen nur eine untergeordnete Bedeutung besitzt, steht die Kaliindustrie zu Staßfurt in der schönsten Blüthe, und die seltene Gabe, die die Natur in schier unerschöpflichem Reichthume gerade an dieser Stelle den Menschen bietet, wird hier ihrem Werthe nach voll gewürdigt und ausgebeutet. Der Betrieb der Bergwerke erfolgt in der modernsten Weise unter Anwendung der Kraftübertragung durch Elektricität, welche die Bohrmaschinen, Winden, Haspel u. s. w. in Bewegung setzt. In den letzten Jahren wurden pro Jahr weit über anderthalb Millionen Tonnen Kalisalze im Werthe von mehr als 20 Millionen Mark gefördert.

Der geförderte Kainit und das Steinsalz werden zunächst zerkleinert und dann gemahlen in den Handel gebracht, das Steinsalz dient hauptsächlich gewerblichen Zwecken, während der Kainit als Düngemittel Verwendung findet. Da er die unliebsame Eigenschaft besitzt, bei längerem Lagern zusammenzubacken, so mengt man ihn bei der Vermahlung mit 2 bis 3% Torf, wodurch er in den Säcken locker bleibt. Der Carnallit — so genannt nach Herrn von Carnall, welcher sich um die Erschließung der Staßfurter Abraumsalze große Verdienste erwarb — wird zunächst ebenfalls zerkleinert, dann aber hauptsächlich zur Darstellung von Chlorkalium verwendet, was in besonderen Fabriken geschieht.

Es würde uns zu weit führen, und dem Leser auch nur wenig Abwechslung bieten, wollten wir die technische Verarbeitung aller Abraumsalze eingehend besprechen. Vielmehr wird es genügen, wenn wir uns mit der Gewinnung des wichtigsten Productes der Staßfurter Industrie, des Chlorkaliums, vertraut machen. Wie erwähnt, ist das wesentlichste Rohmaterial zu seiner Darstellung der Carnallit, die Gewinnung des Chlorkaliums aus diesem beruht auf einem systematischen Auslauge- und Krystallisationsverfahren.

Der rohe, durch Auslesen von anderen Salzen, Sandstein, Thon ꝛc. geschiedene Carnallit enthält nach einer Analyse von Pfeiffer:

| | |
|---|---|
| Wasser | 26·2% |
| Chlorkalium | 15·7% |
| Chlornatrium | 21·5% |
| Chlor- und Brommagnesium | 21·3% |
| Chlorcalcium | 0·3% |
| Magnesiumsulfat | 13·0% |
| Unlösliches | 2·0%. |

Es handelt sich also darum, das vorhandene Chlorkalium von den anderen Salzen zu trennen. Zu diesem Zwecke wird der Carnallit zunächst in großen

Digitized by Google

Lösekesseln unter Erwärmung gelöst, jedoch nicht in reinem Wasser, sondern in Chlormagnesiumlauge, welche als Mutterlauge von früheren Operationen zurückbleibt. Dadurch wird erreicht, daß nur das Chlorkalium und das Chlormagnesium in Lösung geht, während das Steinsalz und die schwefelsaure Magnesia (Kieserit) ungelöst hinterbleiben. Die heiße Lösung wird dann nach Klärbottichen gebracht, in welchen sich die trübenden Bestandtheile absetzen, dann gelangt sie in tiefe schmiedeiserne Kasten, in welchen innerhalb zwei bis drei Tagen ein Gemenge von Chlorkalium und Chlornatrium auskrystallisirt.

Dieses „erste Salz", welches rund 54 bis 58% Chlorkalium und 20 bis 25% Chlornatrium enthält, wird dann in Bottiche gebracht, in denen es einige Stunden mit kaltem Wasser behandelt wird. Man wendet hierbei nur so viel Wasser an, daß das Salz eben bedeckt ist; es geht ein Theil des Chlorkaliums in Lösung, dabei erniedrigt sich die Temperatur aber bis unter Null. Nun nimmt aber die Löslichkeit des Chlorkaliums bei verminderter Temperatur bedeutend ab, während die Löslichkeit des Chlornatriums nahezu die gleiche bleibt, wie bei 15 bis 20°.

Man erreicht also durch diesen Kunstgriff, daß sich hauptsächlich das Chlornatrium, aber nur eine geringe Menge Chlorkalium auflöst. Wird das hinterbleibende Salz dann getrocknet, so enthält es schon 80 bis 85% Chlorkalium, und durch eine nochmalige Waschung kann der Gehalt an Chlorkalium bis auf 90% gebracht werden. Dieses Salz heißt „niedriggradiges Chlorkalium".

Der bei der Lösung des Rohcarnallits hinterbleibende Rückstand, und auch der Schlamm aus den Klärgefäßen werden als Düngemittel verwendet, der Rückstand enthält 5 bis 8%, der Schlamm im calcinirten, d. i. durch Erhitzen entwässerten Zustande bis zu 24% Chlorkalium.

Die von der Darstellung des „ersten Salzes" hinterbleibende Mutterlauge wird eingedampft, wobei sich Salze ausscheiden, die ausgekrückt und auf Bühnen abtropfen gelassen werden. Diese „Bühnensalze" bestehen aus einem Gemenge von Chlornatrium mit schwefelsaurem und Chlorkalium, sie finden ebenfalls als Düngemittel Verwendung.

Die genügend eingedampfte und neuerdings geklärte „Garlauge" fließt dann nach Krystallisirkästen, in welchen sich der sogenannte künstliche Carnallit, gewöhnlich „Doppelsalz" geheißen, ausscheidet. Es wird also auf diese Weise das Chlorkalium nahezu vollständig aus der Flüssigkeit entfernt, die hinterbleibende zweite Mutterlauge, die „Endlauge", enthält nur mehr sehr geringe Mengen Chlorkalium, dagegen viel Magnesiumchlorid und etwa 0·3% Magnesiumbromid. Sie wird entweder zur Gewinnung von Brom verwendet, wovon später noch die Rede sein soll, oder wegfließen gelassen, mitunter dient sie auch zum Lösen des Rohcarnallits.

Der künstliche Carnallit wird in kochendem Wasser gelöst, die Lösung unter Zusatz von etwas Kalkmilch geklärt und krystallisiren gelassen. Dabei scheidet sich Chlorkalium „zweites Salz" aus, und die Mutterlauge, welche 40 bis 55 kg Chlorkalium im Kubikmeter enthält, geht wieder in den Proceß zurück.

Digitized by Google

Die „zweiten Salze" werden in der gleichen Weise, wie wir dies oben kennen gelernt haben, mit Wasser behandelt. Durch zweimaliges Decken erhält man endlich das „hochgradige Chlorkalium", welches 92 bis 98% Chlorkalium enthält.

Diesen Proceß hat Ost in sehr anschaulicher Weise durch das auf Seite 218 angeführte Diagramm dargestellt. Es giebt uns gleichzeitig ein Bild, wie in einer solchen modernen Fabrik jeder sich während des Ganges der Fabrikation ergebende Stoff ausgenützt und verwerthet wird.

Die Gewinnung des Broms aus den Staßfurter Mutterlaugen wollen wir in einem besonderen Abschnitte, gemeinsam mit der Darstellung zweier ihm nahe verwandter Elemente, Jod und Fluor, besprechen. Hier wollen wir jedoch noch die Verarbeitung des in den Abraumsalzen in knollenförmigen Einlagerungen vorkommenden Boracits, sowie die Gewinnung der Borsäure überhaupt kennen lernen.

In den Staßfurter Salzlagern werden verschiedene borsäurehaltige Mineralien gefunden, welche von den sie begleitenden Beimengungen durch Auslesen befreit, unter der Bezeichnung „Boracit" in den Handel kommen. Um aus diesen verschiedenartigen Mineralien die Borsäure, welche hauptsächlich an Magnesia, dann aber auch an Kalk und Eisen gebunden ist, abzuscheiden, werden sie in hölzernen oder mit Blei ausgekleideten Bottichen mit Salzsäure übergossen. Die Salzsäure, als die stärkere Säure, bemächtigt sich nun der Basen, mit welchen die Borsäure verbunden war, die Masse erhitzt sich und erstarrt nach einiger Zeit zu einem Brei.

Dieser Brei wird dann in kochendes Wasser eingetragen und gelöst; nach dem Klären gelangt die Lösung in die Krystallisirgefäße, in welchen sich die Borsäure in Form feiner Schuppen abscheidet, welche durch Umkrystallisiren noch weiter gereinigt werden.

Auf diese Weise werden in Deutschland pro Jahr gegen 200 t Borsäure dargestellt, der weitaus größte Theil aller Borsäure stammt jedoch aus den Maremmen Toscanas oder wird aus dem natürlichen Borax fabricirt.

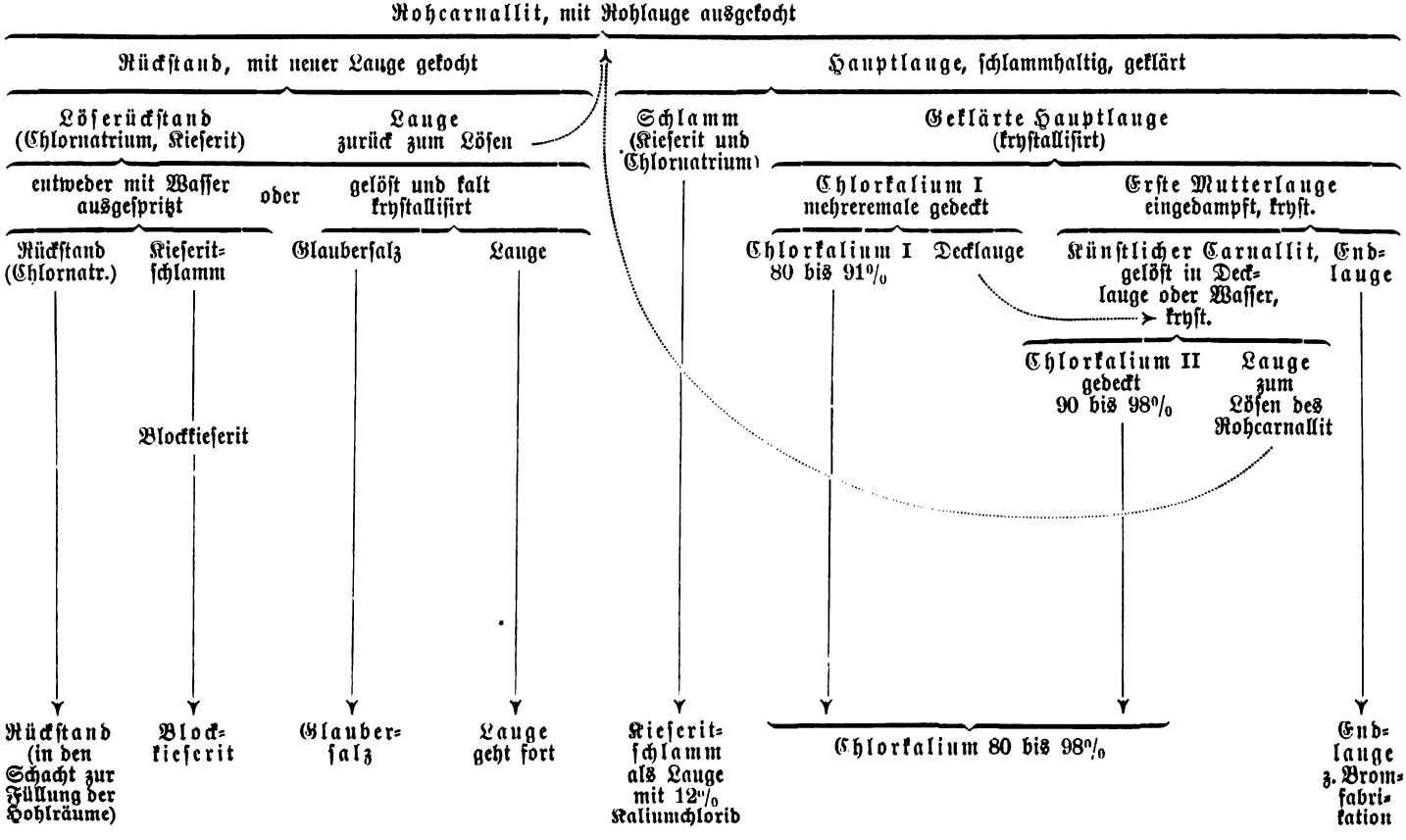
Sowohl Borsäure im freien Zustande, als auch der Borax, das Natriumsalz der Borsäure, kommen fertig gebildet in der Natur vor. Borsaure Salze finden sich in Peru und in Bolivia, ferner gelöst in chinesischen und tibetanischen Seen, in unerschöpflicher Menge jedoch im Borax Lake in Californien und im Pyramid Lake in Nevada, deren Wasser nicht nur beträchtliche Mengen Borax enthält, sondern deren Boden auch durch ein Lager von krystallisirtem Borax gebildet wird, welches man auf viele tausend Tonnen schätzt. Das unter der Bezeichnung „roher Borax" oder „Tinkal" in den Handel gebrachte Product stammt aus asiatischen Seen.

Die Gewinnung des Borax in Californien geschieht in der Weise, daß der boraxhaltige Schlamm der Seen durch Baggerung gewonnen und nach dem Trocknen ausgelaugt wird; die Lösung wird zur Krystallisation gebracht.

Digitized by Google

## Verarbeitung des Carnallits.

(Nach H. Ost.)




Digitized by Google

Der Borax wie die Borsäure sind Verbindungen eines in mancher Beziehung interessanten Elementes, des Bor. Dieses kommt in zwei Modificationen vor; als amorphes Bor bildet es ein braunschwarzes Pulver, im krystallisirten Zustande besitzt es dagegen einen hohen Glanz und ein so bedeutendes Lichtbrechungsvermögen, daß es in dieser Hinsicht nur mit dem Diamanten verglichen werden kann. Diese Aehnlichkeit wird aber durch die große Härte des krystallisirten Bors noch wesentlich vermehrt, es ritzt den Korund und Rubin, ja selbst geschliffene Diamanten werden von Borkrystallen, wenn auch nur schwach, angegriffen.

Gegenüber Stickstoff zeigt das amorphe Bor ein sehr merkwürdiges Verhalten. Wird es nämlich unter Luftzutritt verbrannt, so geht nur ein Theil in die Sauerstoffverbindung, in Borsäure über, der Rest bildet mit dem Stickstoffe der Luft das sehr beständige Stickstoffbor, welches sich Säuren und Alkalien gegenüber indifferent verhält, in Berührung mit Wasserdampf zur Rothglut erhitzt, jedoch in Borsäure und Ammoniak zerfällt.

Borsäure entströmt in großen Mengen mit Wasserdampf den Soffionen Toscanas, welche auf einem etwas abschüssigen Terrain liegen, das fortwährend Ströme von Gasen und Dämpfen ausstößt. Diese brechen aus kleinen Seen hervor, schleudern die Wassermassen strahlenförmig in die Höhe und entweichen als weiße Wolken. Dort liegen die Fabriken, die im großen Maßstabe die Gewinnung der Borsäure aus den Soffionen betreiben, wobei diese alles zur Gewinnung Erforderliche liefern. Man braucht ihnen nur eine bestimmte Richtung zu ertheilen, um von den einen eine Lösung von Borsäure, von den anderen die zur Verdampfung nöthige Wärme zu erhalten.

In sehr anschaulicher Weise schildert Sir John Bowring diese Gegend. „Die Borsäurelagunen Toscanas" — so sagt er — „sind einzig in ihrer Art in Europa, wenn nicht in der ganzen Welt. Ihr Erzeugnis ist für viele Länder von der größten Wichtigkeit geworden. Sie sind über eine Oberfläche von ungefähr 20 km Länge und Breite ausgebreitet, und bieten dem Auge des Beschauers schon aus weiter Ferne Dampfwolken dar, deren Intensität je nach dem Wetter und der Jahreszeit variirt, und die sich weit über die umliegenden Berge verbreiten.

Wenn man sich den Lagunen nähert, scheint die Erde Wasser wie aus Vulcanen verschiedener Größe auszuwerfen. Der Boden besteht abwechselnd aus Sand, Kreide, Mergel und Kalkstein. In der unmittelbaren Nähe ist die Hitze unerträglich. Man wird von dem Dampfe, welcher der Luft einen eigenthümlichen schwefelartigen Geruch ertheilt, durchnäßt. Die ganze Gegend scheint in einer gewaltigen Revolution zu sein: der tobende Ausbruch des kochenden Wasserstromes, der zerrissene und zerwühlte Boden, die Dampfwolken, die nasse und riechende Luft, der Fall des Wassers über schwarze und vereinzelte Felsen.

Der Grund, welcher unter den Füßen brennt und zittert, ist mit herrlichen Krystallisationen von Schwefel und anderen Sublimationen und Auswitterungen bedeckt. Der „Monte Cerboli" besteht aus einem schwarzen Mergel, der mit Kalkstein durchsetzt ist, und erhält dadurch, aus der Ferne gesehen, das Aussehen des

Digitized by Google

gestreiften Marmors. Die Bauern der Gegend betrachteten früher diesen Ort als den Eingang zur Hölle: ein Aberglaube, der wahrscheinlich aus sehr alten Zeiten herstammt. Die bedeutendste Lagune heißt noch heute „Monte Cerboli" — Mons Cerberi. Nur wenige wagen sich dem Orte zu nähern, ohne den Schutz der Jungfrau anzurufen und ohne an ihren Rosenkränzen ihre Gebete zu zählen."

Diese Schilderung stammt aus einer Zeit, in welcher die Soffionen nur in sehr bescheidenem Maße ausgenützt wurden. Seither ist dort jedoch vieles anders geworden, die ursprünglich nur in ganz bescheidenem Umfange betriebene Gewinnung der Borsäure hat gewaltige Dimensionen angenommen, man begnügte sich nicht mehr mit den natürlichen Soffionen, sondern lernte durch Bohrung künstliche Ausströmungsöffnungen herzustellen, und gewiß haben die Landleute nun schon längst ihre Scheu vor diesem Orte, der den meisten von ihnen Brot und Erwerb bietet, eingebüßt.

Die Borsäurelagunen — kleine Seen oder Tümpel, in welche von unten die borsäurehaltigen Wasserdämpfe eintreten — werden erst seit Beginn dieses Jahrhundertes ausgebeutet, und besonders erst seit jenem Zeitpunkte, da sie Besitzthum des französischen Kaufmannes Larderel, der später in den Adelsstand erhoben wurde, geworden sind. Die Fabrikation der Borsäure verursachte anfangs viele Schwierigkeiten, die hauptsächlich durch den gänzlichen Mangel von Brennmaterial in jener Gegend verursacht wurden. Sie wurde erst lohnend, als Larderel den der Erde entströmenden Dampf selbst zum Eindampfen der natürlichen Borsäurelösungen verwendete.

Verschiedene Forscher haben versucht, das hochinteressante Auftreten der Borsäure zu erklären. So nahmen einige an, in der Tiefe befänden sich mächtige Lager von Schwefelbor; dringt zu diesem Seewasser, so entsteht eine heftige Reaction, deren Producte Borsäure, Schwefelwasserstoff u. s. w. sind. Nun läßt sich in den Dämpfen der Fumarolen stets auch Ammoniak in beträchtlicher Menge nachweisen, und dies führte zu der Annahme, daß sich in der Tiefe große Lager von Stickstoffbor befinden, welches, wie wir gesehen haben, durch Wasserdampf in Borsäure und Ammoniak zerlegt wird. Das Vorkommen von Borstickstoff ist aber ebenso wenig bewiesen wie jenes von Schwefelbor, und deshalb ist wohl die Annahme Bischof's die ungezwungenste, daß nämlich das Auftreten der Borsäure innig verknüpft ist mit dem thatsächlich nachgewiesenen Vorkommen borsaurer Salze in den von den Dämpfen durchbrochenen Gesteinen.

Der die Borsäure enthaltende Wasserdampf entströmt aus zahlreichen, jetzt mit Rohren ausgekleideten Löchern der Erde, einige sind nur wenige Meter tief, während man andere nach Art der artesischen Brunnen bis zu 100 m Tiefe getrieben hat; auch künstlich gebohrte Oeffnungen sind vorhanden. Bei der Bohrung dieser Löcher wurde stets der eigenthümliche Umstand bemerkt, daß nach Erreichung einer Tiefe von 100 m der Bohrer plötzlich frei nach unten fällt und keinen Widerstand mehr findet, ein Beweis, daß in der Tiefe ein mit heißer Borsäurelösung oder Dämpfen gefüllter Hohlraum vorhanden sein muß.

Digitized by Google

Die Dämpfe, welche eine Temperatur von 98 bis 140° besitzen, entströmen mit großer Heftigkeit und starkem Geräusch den Bohrlöchern. In der Nähe derselben befinden sich aus Cement verfertigte Cisternen von etwa 10 m Durchmesser. Diese werden zunächst mit gewöhnlichem Quellwasser nahezu gefüllt, worauf man durch hölzerne Rohrleitungen den Dampf in das Wasser eintreten läßt. Hier verdichtet er sich und giebt die Borsäure an das Wasser ab.

Nach 24 Stunden wird das Wasser in ein zweites, tiefer liegendes Bassin von gleicher Beschaffenheit fließen gelassen, in welches ebenfalls Dämpfe eintreten. Von hier gelangt die Lösung in Klärbecken, in welchen sich ein zarter grauer

Gewinnung der Borsäure in Toscana.

Schlamm ablagert, welchen die Bevölkerung zum Tünchen der Ställe und zum Einreiben des Viehes verwendet, da er vermöge seines Gehaltes an Borsäure die Eigenschaft besitzt, Milben und anderes Ungeziefer zu tödten. Aus den Klärbecken wird die Lauge endlich in die Abdampfpfannen geleitet, diese sind aus Blei verfertigt, 2 m breit, 50 m lang und 20 cm tief. Diese Pfannen durchfließt die Lösung im langsamsten Tempo, die Heizung erfolgt durch den der Erde entströmenden Dampf.

Endlich kommt die bis zum Krystallisationspunkte eingeengte Lösung in Krystallisationsbassins, aus diesen wird die ausfallende Borsäure mit hölzernen Schaufeln ausgeschöpft, auf Trockenherden getrocknet und in Fässern verpackt in den Handel gebracht. Die weitere Reinigung der rohen Borsäure erfolgt durch

Digitized by Google

Ausschleudern und Waschen mit kaltem Wasser, vollkommen rein kann sie nur durch mehrmaliges Umkrystallisiren erhalten werden.

Lange Zeit blieb Larderel der einzige Gewinner von Borsäure aus den Soffionen, worauf ihm ein Monopol ertheilt worden war. Wohl befand sich in seiner Nähe, im Thale Monterotonde, ein See, dessen Wasser ebenfalls borsäurehaltig ist, doch fehlten dort die natürlichen Heizanlagen, die Soffionen, ohne welche die Fabrikation der Borsäure in jener holzarmen Gegend kaum möglich ist. Dieser See konnte also nicht ausgebeutet werden, bis im Jahre 1854 Durval auf den Gedanken kam, durch Bohrung künstliche Soffionen zu schaffen. Dies gelang auch vollständig, denn in einer Tiefe von 50 bis 60 m wurden nicht nur heiße Dämpfe erschlossen, sondern an einzelnen Stellen auch heiße Quellen, deren Wasser 0·3 bis 0·4% Borsäure gelöst enthielt. Die künstlichen Soffionen wurden dann verwendet, um auf ebenso einfache als billige Weise das Wasser des Sees abzudampfen und hieraus erwuchs den Fabriken Larderel's eine ebenso mächtige als unternehmende Concurrenz.

Die Borsäure dient hauptsächlich zur Darstellung des Natriumsalzes, des Borax, dann zum Glasiren, zur Darstellung von Glas- und Porzellanfarben; sie bildet einen Bestandtheil solcher Gläser, welche sich durch ein hohes Lichtbrechungsvermögen auszeichnen und zur Herstellung optischer Linsen und imitirter Edelsteine dienen; die Dochte zur Kerzenfabrikation werden mit Boraxlösung getränkt, um sie zu steifen; verbrennt der Docht, so bewirkt die sich bildende Boraxperle, daß die Dochtkohle abspringt und sich also der Docht selbst reinigt, was früher mit der Schere geschehen mußte u. s. w.

Von besonderer Wichtigkeit sind aber die conservirenden Eigenschaften der Borsäure, und auch in der Wundbehandlung findet sie, gleichwie in der Verbandstoffindustrie, dank ihrer antiseptischen Eigenschaften, ausgedehnte Verwendung. Dies erhellt beispielsweise daraus, daß im Jahre 1890 in den verschiedenen Spitälern zu Paris nicht weniger als 8085 kg Borsäure verbraucht wurden, während im Jahre 1881 der Verbrauch zu dem gleichen Zwecke nur 2 kg betrug. — —

In den folgenden Abschnitten dieses Buches werden wir noch des öfteren Gelegenheit haben, die verschiedenen Arten der Verwendung des Chlornatriums, der aus den Staßfurter Abraumsalzen hergestellten Producte, sowie der Borsäure und des Borax zu erwähnen. Das Chlornatrium bildet, wie wir schon wissen, das Rohmaterial zur Darstellung der Salzsäure und der Soda, die Abraumsalze liefern die so wichtigen Kaliumverbindungen und die Borsäure endlich ist ein Stoff, der zwar lange nicht in der Menge producirt wird, wie das Steinsalz oder die Soda, der aber trotzdem ein heute unentbehrlicher Hilfsstoff vieler chemischer Industrien geworden ist. Es ist daher ein wirthschaftliches Gebiet von hoher Bedeutung, welches wir jetzt verlassen, um die weitere Verarbeitung dieser wichtigen Rohstoffe der modernen Chemie, des Salzes und des Chlorkaliums kennen zu lernen.

Digitized by Google

# Die Pottasche- und Sodaindustrie.

Aus manchen Flechten läßt sich durch Gährung ein Farbstoff gewinnen, der mit Kreide gemengt in Form blauer Würfel in den Handel gebracht wird. Es ist dies der unter dem Namen Lackmus bekannte Farbstoff, der in der Laboratoriumspraxis ausgedehnte Anwendung findet, um die Reaction chemischer Verbindungen zu erkennen. Bringt man nämlich eine wässerige Lösung dieses Farbstoffes mit einer Säure, etwa mit Salzsäure zusammen, so wird die ursprünglich violette Farbe der Lösung roth, und die gleiche Erscheinung können wir durch Zugabe einer anderen Säure, der Schwefelsäure oder der Salpetersäure, ebenso gut aber auch durch Essigsäure hervorrufen.

Bringen wir dagegen mit einer Lösung dieses Farbstoffes ein Salz der genannten Säuren, etwa Chlornatrium oder Chlorkalium, schwefelsaures oder salpetersaures Natrium u. s. w. zusammen, so erleidet die Farbe keine Veränderung.

Bereiten wir uns aber durch Verbrennen von Holz Holzasche, laugen wir diese mit Wasser aus und versetzen wir die Lackmuslösung mit dieser Flüssigkeit, so bemerken wir jetzt, daß die violette Farbe in ein prächtiges Blau übergeht. Desgleichen können wir durch Zusatz dieser Lösung einer durch Säuren roth gefärbten Lackmustinctur eine blaue Farbe ertheilen, wenn wir nur eine genügende Menge zusetzen, fügen wir dann wieder Säure zu, so wird die rothe Färbung wieder hergestellt.

Solche Körper oder Verbindungen, welche die Fähigkeit haben, die Lackmustinctur roth zu färben, besitzen, wie der Chemiker zu sagen pflegt, eine saure Reaction; Körper, gegenüber welchen sich die Lackmuslösung indifferent verhält, reagiren neutral, und die Reaction solcher endlich, welche rothe Lackmuslösung blau färben, ist alkalisch.

Digitized by Google

Betrachten wir aber nun die chemischen Verbindungen, welche wir nach ihrem Verhalten gegenüber Lackmustinctur in drei Gruppen, in saure, neutrale und alkalische unterscheiden können, näher, so sehen wir, daß alle Mineralsäuren und die stärkeren organischen Säuren, wie die Essigsäure, der ersten Gruppe angehören, sie reagiren sauer. Die Salze dieser Säuren dagegen, wie das Kochsalz, Natriumsulfat u. s. f. reagiren neutral. Nun giebt es aber auch Verbindungen einer gewissen Gruppe von Metallen, zu welcher das Kalium und das Natrium, ferner Calcium, Barium und Strontium gehören, welche alkalisch reagiren; man bezeichnet diese Verbindungen als „Alkalien", und sie sind es, mit welchen wir uns nun beschäftigen wollen. Die wichtigsten unter ihnen sind die Potasche und die Soda, im chemischen Sinne kohlensaures Kalium und Natrium.

Wie schon ihre chemische Bezeichnung besagt, haben wir es hier mit Salzen einer neuen Säure zu thun, mit der Kohlensäure, deren Gewinnung wir noch kennen lernen werden. Die Kohlensäure besteht aus den Elementen Wasserstoff, Kohlenstoff und Sauerstoff, die Salzbildung geht in genau der gleichen Weise vor sich, wie wir dies bei den Mineralsäuren kennen gelernt haben, indem nämlich an Stelle des Wasserstoffes ein Metall tritt. Nun besitzt aber die Kohlensäure zwei durch Metalle ersetzbare Wasserstoffatome im Molecül, und sie wird daher als „zweibasische Säure" bezeichnet. Je nachdem nun beide, oder nur eines dieser Wasserstoffatome durch ein Metall ersetzt wird, entstehen zwei Reihen von Salzen, welche man als „neutrale" und als „saure" Salze bezeichnet. Die Verbindung also, welche nur aus Natrium, Kohlenstoff und Sauerstoff besteht, ist das neutrale kohlensaure Natrium oder die Soda, saures kohlensaures Natrium oder Natriumbicarbonat dagegen besteht aus Natrium, Wasserstoff, Kohlenstoff und Sauerstoff: diese Verbindung ist befähigt, noch Natrium aufzunehmen, da sie noch ersetzbaren Wasserstoff enthält, wodurch sie dann in das neutrale Salz übergeht. Das nachstehende Schema wird diese Vorgänge leichter verständlich machen.

| Kohlensäure | Saures kohlensaures Natrium | Neutrales kohlensaures Natrium |
|---|---|---|
| Wasserstoff | Wasserstoff | Natrium |
| Wasserstoff | Natrium | Natrium |
| Kohlenstoff | Kohlenstoff | Kohlenstoff |
| Sauerstoff | Sauerstoff | Sauerstoff. |

Die Bezeichnung des Natriumbicarbonats als „saures" Salz ist nun zwar in chemischer Hinsicht zutreffend, nicht aber mit Bezug auf sein Verhalten gegenüber Lackmuslösung, denn gleich der Soda reagirt auch das saure kohlensaure Natrium alkalisch. Viel zutreffender ist dagegen diese Benennung für die sauren Salze der ebenfalls zweibasischen Schwefelsäure; hier reagirt das neutrale schwefelsaure Natrium thatsächlich neutral, das saure schwefelsaure Natrium, das sogenannte Bisulfat, welches als Rückstand der Gewinnung der Salpetersäure in den Retorten hinterbleibt, thatsächlich sauer. Man hat jedoch diese Bezeichnung

Digitized by Google

ganz allgemein für solche Salze angewendet, welche noch ein durch ein Metall vertretbares Wasserstoffatom besitzen, und bezeichnet daher auch das Bicarbonat als „saures Salz".

Andere alkalisch reagirende Verbindungen, deren Darstellung wir ebenfalls kennen lernen werden, sind die sogenannten ätzenden oder kaustischen Alkalien, das Aetzkali und das Aetznatron, im chemischen Sinne Natrium- und Kaliumhydroxyd. Sie enthalten außer dem Metalle nur noch Wasserstoff und Sauerstoff, und entstehen beispielsweise dadurch, daß ein Atom Natrium, beziehungsweise Kalium an die Stelle eines Wasserstoffatoms im Molecüle Wasser, das bekanntlich deren zwei enthält, tritt:

| Wasser | Natriumhydroxyd | Kaliumhydroxyd |
|---|---|---|
| Wasserstoff | Natrium | Kalium |
| Sauerstoff | Sauerstoff | Sauerstoff |
| Wasserstoff | Wasserstoff | Wasserstoff. |

Man kann das Entstehen dieser Verbindungen durch einen sehr einfachen Versuch zeigen. Die Metalle Kalium und Natrium werden jetzt im Großen dargestellt, ihre Gewinnung werden wir noch kennen lernen. Wirft man ein Stückchen Kalium auf Wasser, so schwimmt es, da es specifisch leichter ist als dieses, auf seiner Oberfläche. Gleichzeitig beginnt aber auch das Kalium zersetzend auf das Wasser einzuwirken und Wasserstoff zu verdrängen. Dieser entweicht, und die Zersetzung des Wassers ist mit einer so bedeutenden Wärmeentwickelung verbunden, daß sich der Wasserstoff entzündet und über dem lebhaft auf dem Wasser umherfahrenden Kaliumstückchen verbrennt. Endlich verschwindet das Kaliumstückchen, das dabei immer kleiner wird, vollständig. Prüfen wir aber nun die Reaction des Wassers gegenüber Lackmus, so finden wir, daß es alkalisch reagirt, es enthält jetzt das oben erwähnte Kaliumhydroxyd. Im Großen würde es natürlich niemandem in den Sinn kommen, Kaliumhydroxyd aus metallischem Kalium, und aus diesem etwa durch Sättigen mit gasförmiger Kohlensäure kohlensaures Kalium darzustellen. Man erzeugt diese Verbindungen vielmehr auf andere und viel billigere Weise, welche wir nun kennen lernen wollen.

Die kohlensauren und ätzenden Alkalien spielen in der chemischen Industrie eine bedeutende Rolle. So braucht sie der Seifensieder und der Glasfabrikant, in der Färberei, Bleicherei und Wollwäscherei, sowie zu Haushaltungszwecken werden große Mengen verwendet, Soda und Potasche dienen zur Herstellung anderer Natrium- und Kaliumverbindungen u. s. f. Die Soda ist aber eine verhältnismäßig junge Erfindung, und bevor man gelernt hatte, sie im Großen und nach billigen Verfahren darzustellen, war man ausschließlich in den verschiedenen Gewerben auf das kohlensaure Kalium, auf die Potasche angewiesen. Die Kaliumverbindungen stehen aber bedeutend höher im Preise als die Natriumverbindungen, und heute wendet man diese überhaupt nur mehr dort an, wo es direct nöthig ist. Seit Entdeckung des Staßfurter Kalisalzlagers ist allerdings eine neue fast uner-



Digitized by Google

schöpfliche Kaliumquelle erschlossen worden, und es hat sich, seit man das Chlorkalium zur Bereitung der Potasche verwendet, der Preis derselben wesentlich erniedrigt. Trotzdem zieht man des Preisunterschiedes wegen, wo immer es zulässig ist, die Soda der Potasche vor.

Das Kalium ist ein in der Natur sehr weit verbreitetes Element. In jedem Ackerboden ist es, wenn auch oft nur in sehr geringer Menge, vorhanden, es bildet einen wesentlichen Bestandtheil mancher Mineralien und Gesteine, wie des Kaliumfeldspathes und des Granits. Alle diese Quellen sind jedoch solcher Art, daß. heute wenigstens, an eine Gewinnung des Kaliums daraus nicht gedacht werden kann.

Und doch entstammte die gesammte Potasche, die Jahrhunderte hindurch verbraucht wurde, einzig und allein diesen Vorräthen, aus denen sie allerdings nicht direct, sondern auf Umwegen, unter Mithilfe der Allmutter Natur gewonnen wurde.

Auf die in den Gesteinen enthaltenen Kaliumverbindungen wirken die atmosphärischen Einflüsse, Hitze und Kälte, Wasser und Frost unausgesetzt ein, sie verursachen die Verwitterung und bringen es mit sich, daß in jedem Ackerboden geringe Mengen von Kaliumverbindungen in solcher Form vorhanden sind, daß sie von den Pflanzen aufgenommen werden können. Nun bedürfen aber alle Pflanzen des Kaliums als eines für ihren Aufbau unentbehrlichen Pflanzennährstoffes, und sie sind es, welche mit ihren Wurzeln das aufnehmbare Kalium dem Boden entziehen und aufspeichern. In den Pflanzen befindet sich aber das Kalium in Form von Salzen organischer Säuren, also solcher Säuren, welche nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen. Verbrennen wir nun die Pflanzensubstanz, so finden wir die unverbrennlichen Salze, welche die Pflanze enthält, in der Asche wieder, allerdings nicht in Form organischer Salze, sondern als kohlensaure Salze oder als Carbonate, da die organischen Säuren zu Kohlensäure verbrennen.

Auch der Weinstein, welchen der Wein während des Lagerns im Fasse abscheidet, ist nichts anderes als ein Salz des Kaliums, weinsaures Kalium, und oxalsaures Kalium, das sogenannte „Kleesalz", wurde früher in großen Mengen aus gewissen Pflanzenfamilien, zu denen der bekannte Sauerampfer zählt, gewonnen.

Die Hauptmenge der Potasche wurde jedoch in der besprochenen Weise dargestellt: Man verbrannte Pflanzen oder Holz und laugte die Asche mit Wasser aus, wobei nur das kohlensaure Kalium nebst einigen anderen Stoffen in Lösung ging. Diese Lösung wurde geklärt und dann zur Trockne verdampft, wodurch kohlensaures Kalium erhalten wurde. Dieses Salz besitzt jedoch die Eigenschaft, aus der Luft Feuchtigkeit anzuziehen und zu zerfließen, man war daher genöthigt, es in verschlossenen Töpfen, „Pots", aufzubewahren, und daher hat das kohlensaure Kalium die Bezeichnung „Potasche" erhalten.

Die Asche der Laubhölzer bildete also lange Zeit hindurch das einzige Rohmaterial zur Gewinnung des kohlensauren Kaliums, und selbst heute noch wird

Digitized by Google

diese Art der Darstellung geübt, allerdings in weit geringerem Umfange als in früherer Zeit. Das Holz besitzt eben heute einen wesentlich höheren Werth, und nur in solchen Gegenden, wie etwa in Rußland, wo eine andere Art der Verwerthung der örtlichen Verhältnisse wegen nicht möglich ist, greift man noch jetzt zu dieser Verwerthungsart.

Außer der gesteigerten Nachfrage nach Holz und der heute wesentlich leichteren Verfrachtung desselben, sowie anderer, rationellerer Methoden, es auf chemischem Wege zu verwerthen, waren aber noch andere Umstände mit im Spiele, welche der aus Holz dargestellten Potasche Concurrenz machten. Hierher gehört zunächst die schon erwähnte Erfindung der Sodafabrikation aus Kochsalz durch Leblanc, worauf man sich diesem weitaus reineren und billigeren Producte zuwendete. Hieher gehört die Entdeckung der Staßfurter Kalilager, worauf man im Stande war, durch die gleichen chemischen Processe, wie aus dem Chlornatrium das kohlensaure Natrium, aus dem Chlorkalium das kohlensaure Kalium zu bereiten. Und endlich hat man auch gelernt, kohlensaures Kalium noch aus anderen industriellen Abfallstoffen zu gewinnen, so aus der Schlempe der Melassebrennereien und aus den Wollwaschwässern.

Die Zuckerrübe ist eine sehr kaliumbedürftige Pflanze, sie speichert relativ bedeutende Mengen dieses Stoffes auf, wobei ebenfalls das Kalium an organische Säuren gebunden wird. Wird nun in den Zuckerfabriken der Zucker aus der Rübe durch Behandlung mit Wasser ausgezogen, so gehen auch die löslichen Salze in den Saft über. Aus diesem wird der Zucker so vollständig als möglich abgeschieden, schließlich hinterbleibt eine schwarzbraune, zähe Flüssigkeit, die Melasse, aus welcher der Zucker nach den gewöhnlichen Verfahren nicht mehr gewonnen werden kann, und in welcher fast die gesammten, ursprünglich in der Rübe vorhandenen löslichen Salze enthalten sind.

Wenn man es nun nicht vorzieht, auch den in der nicht mehr krystallisationsfähigen Melasse vorhandenen Zucker durch andere Verfahren, die wir bei Besprechung der Zuckerfabrikation kennen lernen werden, zu gewinnen, so wandert sie in die Spiritusbrennereien, wo der Zucker vergohren, d. h. in Alkohol übergeführt wird. Durch Destillation wird der Alkohol gewonnen, die Kaliumverbindungen sind in dem hinterbleibenden alkoholfreien Rückstande, in der Schlempe enthalten.

Diese Schlempe der Melassebrennereien bildet dann das Ausgangsmaterial zur Darstellung der Potasche. Sie wird in Flammöfen zur Trockne verdampft und so stark erhitzt, daß der größte Theil der organischen Substanzen verbrennt. Man erhält dann die sogenannte „Schlempekohle", eine durch beigemengte Kohle schwarz gefärbte brockige Masse, welche der Hauptsache nach kohlensaures Kalium, neben diesem aber auch kohlensaures Natrium, Phosphate und Sulfate, unlösliche Antheile u. s. w. enthält.

Die weitere Verarbeitung der Schlempekohle besteht darin, daß sie zunächst gut zerkleinert, und dann so vollständig als möglich mit Wasser ausgelaugt wird.



Digitized by Google

In die Lösung gehen nebst dem kohlensauren Kalium auch das Natriumcarbonat und die übrigen löslichen Salze über. Diese sind aber alle schwerer löslich als das kohlensaure Kalium; dampft man daher die Lösung ein und bringt man sie zur Krystallisation, so scheiden sich zunächst diese verunreinigenden Salze ab. Dieser Vorgang wird mehrmals wiederholt, bis endlich eine Lösung von nahezu reinem kohlensauren Kalium erhalten wird, welche man zur Trockne verdampft. Die hinterbleibende Potasche enthält rund 90% kohlensaures Kalium und nur wenig kohlensaures Natrium, außerdem sind stets Spuren von phosphorsaurem Kalium vorhanden. Diese sind es nun allerdings, welche die Melassenpotasche für manche Industrien ungeeignet machen. So kann sie beispielsweise nicht in der Glasfabrikation verwendet werden, da sich sonst im Glase phosphorsaurer Kalk abscheidet und die Glasmasse trübt, auch macht sie, wie erwähnt, ihr Gehalt an kohlensaurem Natrium für manche Verwendungsweise unbrauchbar.

Von allen diesen Nachtheilen ist die aus dem Wollschweiße der Schafe dargestellte Potasche nahezu frei, so daß sie ihr bezüglich der Reinheit entschieden überlegen ist.

Die Schafe scheiden durch die Haut eine bedeutende Menge fettiger Substanz, den Wollschweiß aus, welcher jedes einzelne Wollhaar überkleidet, das Vlies dadurch zu einer compacten Masse vereinigt, und so der Wolle selbst zum Schutze dient. Dieser Wollschweiß nun ist sehr reich an Kaliumsalzen, vor der Verarbeitung der Wolle muß er durch Waschen entfernt werden.

Früher besorgte man die Schafwäsche vor der Schur, indem man die Schafe durch Bäche trieb, oder sie zusammenpferchte und mittelst einer Spritze mit Wasser behandelte. Seit man aber den Werth des Wollschweißes erkannt hat, seit man gelernt hat, daraus das so werthvolle Lanolin und Potasche zu gewinnen, werden die Schafe geschoren, ohne daß das Vlies vorher gewaschen wird, dies geschieht erst in den Wollwäschereien. Die Waschwässer, welche den Wollschweiß gelöst enthalten — seine Menge beträgt 15 bis 20% vom Gewichte der rohen Wolle — werden gesammelt, eingedampft und endlich in einer ganz ähnlichen Weise weiter behandelt, wie wir dies bei der Melassenschlempe gesehen haben. An manchen Orten verbindet man mit der Verarbeitung der Wollschweißwässer auch die Leuchtgasfabrikation, indem man den trockenen Rückstand in Retorten vergast und erst die hinterbleibende Kohle auf Potasche verarbeitet.

Die Mengen Potasche, welche aus Melassenschlempe, Wollschweißwässern und auch aus Holzasche gewonnen werden, sind im Vergleiche mit den aus Chlorkalium nach dem Leblanc'schen Verfahren dargestellten nur gering. Da wir das Leblanc'sche Verfahren aber eingehend bei Besprechung der Fabrikation der Soda kennen lernen werden, mag es genügen, an dieser Stelle darauf zu verweisen.

Das kohlensaure Natrium, die Soda, kommt in bedeutenden Mengen in der Natur fertig gebildet vor. Wir finden sie als Bestandtheil mancher Mineralwässer, so in den Quellen von Aachen, Karlsbad und Vichy, gelöst in den sogenannten Natronseen Aegyptens, Afrikas und Nordamerikas, sie tritt aber auch in fester

Digitized by Google

Form als Auswitterung an den Ufern dieser Natronseen auf. Unter der Bezeichnung „Trona" und „Urao" sind solche Abscheidungen bekannt. In Ungarn kommt die Soda in Form von Efflorescenzen des Bodens vor, welche als „Szesko" bezeichnet werden, sie enthalten 6 bis 15% Soda, wurden früher gesammelt, durch Umkrystallisiren gereinigt und auf 75%ige Soda verarbeitet. Heute hat dieses Vorkommen jedoch alle Bedeutung verloren, und höchstens nur noch ganz geringe Mengen Soda, welche an Ort und Stelle verbraucht werden, gelangen daraus zur Darstellung.

Dagegen besitzt Californien, dieser in jeder Beziehung gesegnete Landstrich ein Sodavorkommen, das wohl berufen sein wird, in der chemischen Industrie eine bedeutende Rolle zu spielen. Es ist dies der Owen's Lake, welchem der größte Theil seines Wassers durch einen Fluß zugeführt wird, der im Liter 0·34 g Soda enthält: dadurch gelangen im Jahre rund 200.000 t Soda in den See. Nun fehlt aber dem See jeder Abfluß und die natürliche Verdunstung und der Zufluß halten sich ungefähr die Wage. Das Wasser des Sees reichert sich somit fortwährend an Soda an, und diese Menge wird von autoritativer Seite auf 40 bis 50 Millionen Tonnen geschätzt. Heute wird dieses Vorkommen allerdings nur in relativ sehr geringem Umfange ausgebeutet, es steht aber außer jedem Zweifel, daß binnen kurzer Zeit an den Ufern des Owen's Lake mächtige Fabriken erstehen werden, die dann solche Mengen billiger Soda auf den Mark bringen dürften, daß dadurch den Sodafabrikanten eine empfindliche Concurrenz erwachsen kann.

Wir erwähnten, daß im vergangenen Jahrhunderte und in früherer Zeit die Potasche allgemein in jenen Fällen angewendet wurde, in welchen wir heute die Soda benützen. Diese war wohl bekannt, doch war sie theurer als das kohlensaure Kalium, so daß gerade das umgekehrte Verhältnis herrschte wie heute. Auch war die Production an Soda sehr gering, und jene Mengen, welche man in analoger Weise wie Potasche durch Veraschung natronhaltiger Strandpflanzen darstellte, waren lange nicht ausreichend, den Bedarf und die Nachfrage zu decken. Dazu kam noch, daß diese sodahaltigen Aschen eigentlich sehr arm an kohlensaurem Natrium waren, sie enthielten nur ungefähr 30% dieses Stoffes, waren mit vielen anderen Substanzen verunreinigt, und wie erwähnt, theurer als das kohlensaure Kalium. Solche sodahaltige Asche kam unter verschiedenen Bezeichnungen in den Handel, so die Soda von Alicante, Malaga und den canarischen Inseln als „Barilla", sie wurde durch Veraschen einer bestimmten Pflanzenspecies, Salsola soda gewonnen, die Soda von Narbonne wurde durch Veraschen von Salicornia annua dargestellt, hieß „Salicor" und enthielt gar nur 14% kohlensaures Natrium. Noch ärmer war die „Blanquette", die Soda von Aiges-mortes, ihr Gehalt schwankte zwischen 3 und 8%.

Die Industrie war daher nahezu ausschließlich auf die Verwendung von Potasche angewiesen. Nun begannen sich aber schon im letzten Drittel des 18. Jahrhundertes alle jene Momente bemerkbar zu machen, welche endlich dazu führten, daß die Potasche durch die Soda verdrängt wurde. Das Holz gewann immer mehr an Werth, während gleichzeitig die Nachfrage nach Potasche stieg, ihr Preis ging

Digitized by Google

daher in die Höhe, und es machte sich immer gebieterischer die Nothwendigkeit eines Ersatzes für das kohlensaure Kalium geltend, sollten die verschiedenen Gewerbe, die eines kohlensauren Alkalis bedurften, nicht in der empfindlichsten Weise geschädigt werden.

Wir dürfen aber nicht vergessen, daß zu jener Zeit, Ende des 18. Jahrhundertes die Chemie selbst noch sehr wenig entwickelt war. Man kannte zwar zahlreiche Verbindungen und ihre Eigenschaften, man wendete sie in den Gewerben an, über ihre chemische Beschaffenheit wußte man jedoch nichts näheres und so darf es uns nicht Wunder nehmen, daß man auch Potasche und Soda als identische Verbindungen ansah, und etwa wahrzunehmende Unterschiede einzig und allein den Verunreinigungen zuschrieb.

Erst als es im Jahre 1736 dem französischen Chemiker Duhamel gelang, den Nachweis zu führen, daß sowohl die Soda als auch das Kochsalz die gleiche Basis, nämlich Natrium enthalten, und als der Unterschied zwischen Potasche und Soda in einer jeden Zweifel ausschließenden Weise dargelegt wurde, konnte man an die künstliche Darstellung der Soda denken, und es war klar, daß das Rohmaterial nur das in großen Mengen vorhandene und billige Kochsalz sein konnte.

Es dauerte aber noch geraume Zeit, ehe das Verfahren, Kochsalz in Soda überzuführen, endgiltig gelöst wurde, und erst mit Beginn des 19. Jahrhundertes gelangte die künstliche Darstellung der Soda allgemein zur Ausführung. Zwar hatte schon Scheele versucht, aus Kochsalz und Bleiglätte Soda darzustellen, andere Forscher bedienten sich des schwefelsauren Natriums, des Glaubersalzes als Ausgangsmaterial, welches sie mit Kohle unter Zusatz von Metallsalzen glühten, ohne jedoch ihre Arbeiten zu einem befriedigenden Ende zu führen. Im Jahre 1783 schrieb dann die französische Akademie einen Preis für die zweckmäßigste Art der Darstellung von Soda aus Kochsalz aus, und dies war der eigentliche Anstoß, der die brennende und für die Industrien so überaus wichtige Frage der Lösung zuführte. Leblanc war der glückliche Unglückliche, dem der Preis zufiel. Und jedenfalls ist es der Erwähnung werth, daß Leblanc die Frage in so vollkommener Weise löste, daß der nach ihm benannte Sodaproceß noch heute in den Grundzügen genau in der gleichen Weise ausgeübt wird, wie er es angab. Die Verbesserungen, welche naturgemäß angebracht wurden, betrafen nicht den Proceß selbst, sondern nur seine Durchführung und die Verwerthung und Unschädlichmachung der Neben- und Abfallproducte.

Nicolas Leblanc wurde am 6. December 1742 zu Yvoy-le-Pré geboren, und wendete sich, 20 Jahre alt, dem Studium der Medicin zu. 1780 wurde er Chirurg des Herzogs von Orleans. Gleichzeitig beschäftigte er sich aber auch mit Chemie, und daß ihn gerade die Darstellung der Soda aus Kochsalz besonders anzog, darf uns bei der großen Bedeutung, die diese Frage besaß, nicht weiter in Erstaunen setzen. Wie erwähnt, gelang es ihm, angeregt durch die Preisausschreibung der Akademie, in glücklicher Weise die brennende Tagesfrage zur Lösung zu bringen. Er baute die Erfahrungen, welche andere Chemiker, besonders de la Mètherie,

Digitized by Google

gesammelt hatten, weiter aus, und im Jahre 1789 trat er endlich mit seinem Verfahren hervor. Da ihm die Mittel fehlten, selbständig die neue Industrie zu beginnen, stellte ihm der Herzog von Orleans 200.000 Francs zur Verfügung, und in Gemeinschaft mit Dizé und Schée errichtete er 1791 die erste Sodafabrik in Franciade, welche täglich 250 bis 300 kg Soda erzeugte.

Es ist begreiflich, daß Leblanc's Fabrik prosperirte, leider machten aber die politischen Verhältnisse ihrer Weiterentwickelung ein rasches Ende. Leblanc's Protector, der Herzog von Orleans, der sich zwar als Anhänger der Revolutionspartei erklärte, und sogar, um dies auch nach außen zu zeigen, den Namen „Egalité" annahm, endete sein Leben unter der Guillotine im Jahre 1793, sein Vermögen und Leblanc's Fabrik, die mit seinem Gelde errichtet worden war, wurden confiscirt, und Leblanc war nun nicht mehr in der Lage, sein Patent, welches man ihm 1791 ertheilte, zu verwerthen.

Die Kriege, in welche sich die französische Republik verwickelt hatte, unterbanden die Einfuhr der Potasche, es trat ein drückender Mangel an diesem wichtigen Stoffe ein, und endlich erließ der Wohlfahrtsausschuß, um einen Ersatz zu schaffen, den Befehl, jeder Bürger, der Soda herzustellen wisse, müsse sein Verfahren einer besonderen Commission zur Kenntnis bringen. Und so wurde Leblanc veranlaßt, sein ihm vor kaum zwei Jahren ertheiltes Patent dem Wohle des Vaterlandes zum Opfer zu bringen.

Nach sechs Jahren, als wieder ruhigere Zeiten gekommen waren, wurde ihm allerdings die Fabrik ins Eigenthum übergeben, es gelang ihm jedoch nicht, sie wieder mit materiellem Erfolg in Gang zu bringen, da ihm die dazu unbedingt erforderlichen Geldmittel mangelten. Sein kleines Vermögen war bald aufgezehrt, Leblanc verarmte, mußte im Armenhause von St. Denis Zuflucht nehmen, und im Jahre 1806 starb er. Wie es heißt, hat er, in allen Hoffnungen und Erwartungen so bitter getäuscht, selbst seinem Leben ein Ziel gesetzt. Später erinnerte sich die französische Regierung allerdings der Verdienste Leblanc's und sie suchte das ihm zugefügte Unrecht wenigstens theilweise dadurch gut zu machen, daß sie seinen Enkeln ein Nationalgeschenk zuwies.

Das Verfahren Leblanc's kam dann nach England, die Sodafabrikation gelangte jedoch dort erst zur Blüthe, als die geradezu enorme Salzsteuer aufgehoben worden war. Muspratt begann dann die Fabrikation im Großen, doch brauchte es längere Zeit, ehe die Consumenten sich an das neue Product gewöhnt hatten und zur Einsicht kamen, daß es nicht nur die gleichen Dienste leiste, wie die natürlichen Sodasorten des Handels, sondern diesen durch größere Reinheit wesentlich überlegen sei. Und um das der künstlichen Soda entgegengebrachte Mißtrauen zu besiegen, war Muspratt sogar genöthigt, große Mengen zu verschenken. Dies half, und schon nach kurzer Zeit gelangte gerade in England die Fabrikation zur höchsten Blüthe, in Deutschland wurde das Verfahren erst im Jahre 1843, in Oesterreich 1851 durch Miller und Hochstetter eingeführt.

Digitized by Google

Mit dem Aufschwunge der Sodaindustrie war aber der Gewinnung der Soda aus Pflanzenaschen der Boden vollständig entzogen, und heute wird alle in den verschiedenen Gewerben und Industrien verbrauchte Soda ausschließlich auf künstlichem Wege dargestellt, wenn wir von jenen, augenblicklich noch geringfügigen Mengen absehen, welche den Natronseen entnommen werden.

Der geniale Erfinder Leblanc hat allerdings die Früchte seiner Bemühungen nicht geerntet, er hat aber eine Industrie geschaffen, welche heute an Größe wohl kaum von einer anderen übertroffen wird. Sein Verdienst ist aber noch bedeutender. Denn die Sodafabrikation war überhaupt die erste wirkliche chemische Industrie, sie war es, welche die Chemiker vor die Lösung mannigfacher Aufgaben stellte wodurch wieder andere Industrien chemischer Natur geschaffen und ins Leben gerufen wurden, und der innige Contact zwischen Theorie und Praxis, zwischen theoretischer und angewandter Chemie, aus welchem heute beide gleich große Vortheile ziehen, zu Stande kam. Leblanc ist somit der Begründer unserer modernen chemischen Industrien überhaupt geworden, und schon deshalb gebührt seinem Angedenken Ehre bis in die fernsten Zeiten. — —

Die Gewinnung der Soda nach dem Leblanc'schen Verfahren zerfällt in folgende Einzelprocesse:

Umwandlung von Kochsalz in schwefelsaures Natrium (Glaubersalz) durch Erhitzen mit Schwefelsäure.

Ueberführung von Natriumsulfat in kohlensaures Natrium durch Glühen mit Kohle und kohlensaurem Kalk.

Reinigung der Rohsoda und Calciniren derselben.

Wiedergewinnung des Schwefels aus den Rückständen der Fabrikation.

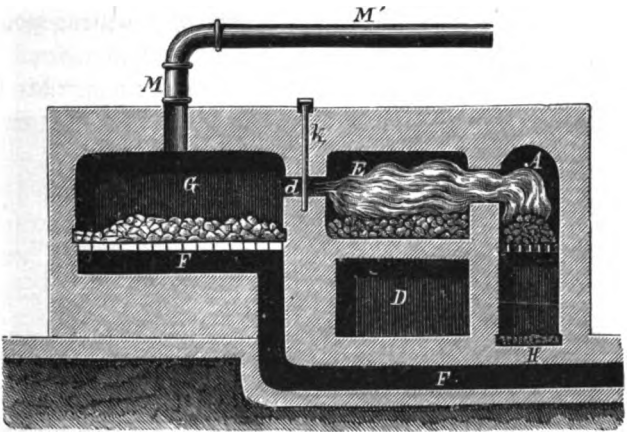
Den ersten Theil des Processes, die Darstellung des schwefelsauren Natriums, haben wir schon bei Besprechung der Salzsäure, welche dabei als Nebenproduct abfällt, kennen gelernt. Doch müssen wir hier nochmals auf diesen Proceß zu sprechen kommen, da in der Sodafabrikation etwas andere Sulfatöfen verwendet werden, wie wenn es sich nur um die Gewinnung von Salzsäure handelt.

Das schwefelsaure Natrium, in der Technik gewöhnlich kurzweg „Sulfat" geheißen, wurde zuerst von Glauber dargestellt, der es als Rückstand bei der Gewinnung der Salzsäure erhielt, 1658 beschrieb er es als „sal mirabile" oder „Wundersalz". Diese Bezeichnung stammt daher, da Glauber aufs höchste erstaunt war, als Rückstand ein gut krystallisirendes Salz zu erhalten. Glaubersalz, schwefelsaures Natrium, Natriumsulfat und Sulfat sind also nur verschiedene Bezeichnungen für die gleiche Verbindung.

Einen Glaubersalzofen älterer Construction zeigt die Abbildung auf Seite 233. Er besteht aus zwei Abtheilungen, der Raum G dient zur Aufnahme des Kochsalzes, welches hier mit erwärmter Schwefelsäure zusammengebracht wird. Der größte Theil des Chlors des Kochsalzes entweicht in Form von Salzsäure durch das Rohr MM", welches das Salzsäuregas nach den schon früher besprochenen Condensationsvorrichtungen führt. Der Raum G wird in der Weise erhitzt, daß

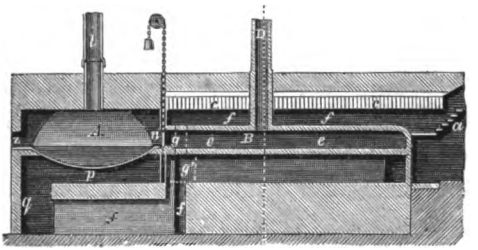
Digitized by Google

man die Feuerungsgase der Feuerung AH durch den Canal FF unter die Herdsohle von G führt; während dieses Theiles der Operation kann G von E durch den Schieber k abgeschlossen werden. Um nun die Salzsäure vollständig auszutreiben und um neutrales Sulfat zu erhalten, wird das Gemenge aus G nach dem Raume E gebracht, wo es stärker erhitzt wird. Man erreicht dies dadurch, daß man die Flammen direct auf seine Oberfläche leitet. Die Salzsäure und die Verbrennungsproducte aus der Feuerung werden, ehe sie ins Freie entweichen, durch einen Coaksthurm geführt, um die Salzsäure zurückzuhalten. Bei dieser Ofenconstruction ist es jedoch nicht möglich, alle Salzsäure zu condensiren, stets entweicht ein Theil aus dem Ofen, und auch bei der Beschickung und dem unerläßlichen Umkrücken der Masse ist es unvermeidlich, daß Verluste eintreten. Diesen, und noch andere Uebelstände hat man bei den neueren Constructionen der Sulfatöfen zu vermeiden gesucht, und zum größten Theile auch thatsächlich mit Geschick vermieden.



Ofen zur Erzeugung von Glaubersalz. (Aeltere Form.)

Es gelang dies dadurch, daß man an Stelle des Flammofens auch einen geschlossenen Raum anbrachte, in welchem der zweite Theil der Glaubersalzfabrikation, die Umwandlung des sauren schwefelsauren Natriums in das neutrale Salz erfolgt. Man verzichtet also auf die bessere Ausnützung des Brennmateriales, welche in den Flammöfen dadurch ermöglicht wird, daß die Flamme direct über die Oberfläche der zu erhitzenden Masse streicht, gewinnt aber den Vortheil, die Salzsäure sehr vollständig aufzufangen.



Sulfatofen.

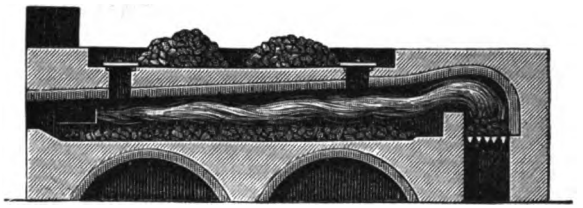
Ein solcher Ofen ist im Durchschnitte in der obenstehenden Abbildung dargestellt. Der erste Theil des Processes wird in dem Raume A vorgenommen, dessen Sohle von einer großen, dickwandigen gußeisernen Schale p gebildet wird. Das Kochsalz und die Schwefelsäure werden durch die Oeffnung z eingetragen, während das Salzsäuregas durch das Rohr l abzieht. Anschließend an den Raum A

Digitized by Google

befindet sich eine aus feuerfesten Steinen gemauerte Muffel g ee, in welche das saure Sulfat nach Oeffnung des Schiebers n gekrückt wird. Die Feuerung erfolgt von dem Treppenroste a aus, die Feuerungsgase bestreichen sowohl die Decke ff, als auch den Boden g dieses Muffelraumes, aus welchem die Salzsäuredämpfe durch das Rohr D austreten können. Dann treten sie durch den Canal f unter die Eisenschale in dem Raum q, von wo aus sie in den Kamin gelangen. — In gleicher Weise wird schwefelsaures Kalium erhalten, indem man an Stelle des Kochsalzes Chlorkalium anwendet.

Das fertige Sulfat wird aus dem Ofen gekrückt und in eisernen, auf Rädern laufenden Kasten aufgefangen; nach dem Auskühlen ist es sofort zur Umwandlung in Soda geeignet.

Die Umwandlung des schwefelsauren Natriums in das kohlensaure Salz geschieht, indem man es mit Kohle und kohlensaurem Kalk erhitzt. Dabei spielen sich zwei oder richtiger drei chemische Processe theils neben-, theils nacheinander ab.



Flammofen zur Sodafabrikation.

Zunächst tritt die Kohle mit dem schwefelsauren Natrium in Wechselwirkung. Sie reducirt das Sulfat zu einer neuen Verbindung, zu Schwefelnatrium, welches wir uns als ein seines Sauerstoffgehaltes beraubtes Sulfat vorstellen können, es besteht nur aus Natrium und Schwefel, des Sauerstoffes hat sich die Kohle bemächtigt und mit diesem Kohlensäure gebildet.

Der zweite Theil des Processes spielt sich dann zwischen dem kohlensauren Kalk und dem Schwefelnatrium ab, indem Kohlensäure und Schwefel ihre Plätze wechseln: es bildet sich kohlensaures Natrium und Schwefelcalcium.

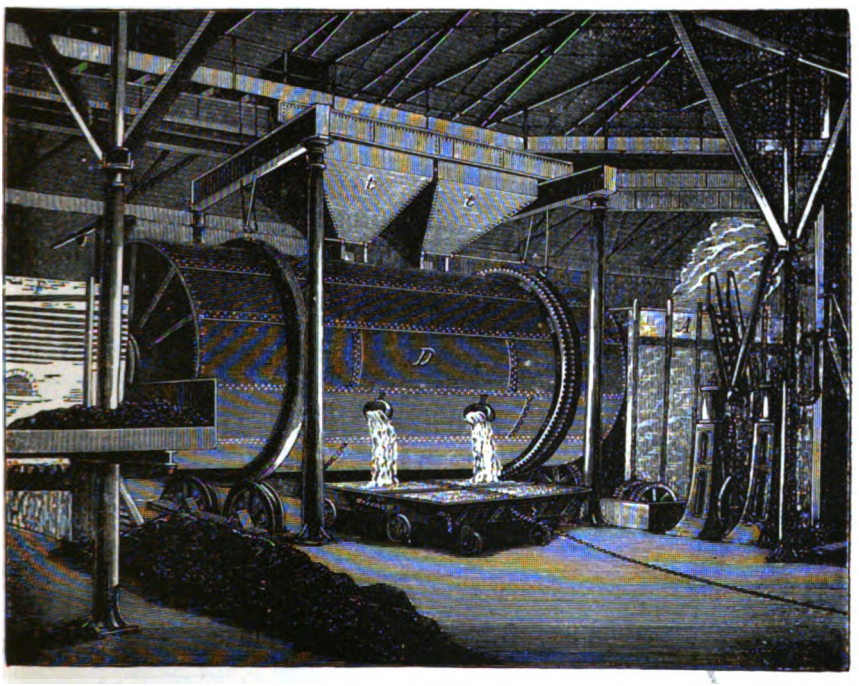
Nun ist aber stets mehr Kalk und Kohle vorhanden, als zur Umwandlung des Sulfates in Soda nöthig wäre. Ist daher diese vollzogen, so wirken, indem sich gleichzeitig die Temperatur erhöht, Kohle und kohlensaurer Kalk in der Weise ein, daß Aetzkalk und Kohlenoxydgas entsteht, welches die geschmolzene Masse durchbricht und auf ihrer Oberfläche mit schwach leuchtender, durch die beigemengten Natriumdämpfe gelb gefärbter Flamme verbrennt. Das Auftreten dieser Flämmchen zeigt die Beendigung des Processes an, gleichzeitig bewirkt die Entwickelung der im Inneren der Masse sich bildenden Gase eine Lockerung derselben — in diesem Stadium der Fabrikation ist die Masse schon zähflüssiger — so daß das Auslaugen der Schmelze leichter und rascher von Statten geht.

Die Umwandlung des Sulfates in Soda wird ausschließlich in Flammöfen ausgeführt, welche die aus der obenstehenden Abbildung ersichtliche Einrichtung besitzen. 100 Theile Sulfat werden mit 90 bis 120 Theilen Kreide oder reinem Kalkstein und 40 bis 80 Theilen Kohle innig gemengt, zunächst auf die Decke

Digitized by Google

des im Betriebe stehenden Ofens aufgetragen und hier vorgewärmt. Inzwischen ist eine Charge fertig geworden, sie wird aus dem vorderen, der Feuerstelle zunächst liegenden und daher heißesten Theile des Ofens ausgekrückt, die im rückwärtigen Raume des Ofens ruhende Partie nach vorn genommen, und dieser mit einer neuen Charge gefüllt.

Die anstrengendste Arbeit der Sodaschmelzer besteht nun darin, das im vorderen Theile des Ofens befindliche Material mit langen, schweren eisernen Krücken zu bearbeiten und durchzurühren, bis sich die erwähnten gelb gefärbten



Revolverofen.

Kohlenoxydgasflammen zeigen. Ist ein solcher Ofen im Betrieb, so arbeitet er so lange unausgesetzt fort, bis seine Sohle so schadhaft geworden ist, daß sie erneuert werden muß.

Die Arbeit der Sodaschmelzer ist nicht nur sehr anstrengend, sondern sie begrenzt auch die Größe der Charge, da über ein gewisses Quantum Schmelze hinaus die Handarbeit versagt. Man war daher auch hier, und wie wir gleich bemerken wollen, mit vollem Erfolge bestrebt, die Handarbeit durch Maschinenkraft zu ersetzen. Zwar begegnete man anfangs der Neuerung mit Mißtrauen, doch brach sich dieselbe bald Bahn, und heute stehen in allen größeren Sodafabriken die sogenannten Dreh- oder Revolveröfen in Verwendung.

Digitized by Google

Diese Oefen sind eine Erfindung der Engländer Elliot und Russel; sie bestehen, wie unsere Abbildung zeigt, aus einem um seine horizontale Achse drehbaren Cylinder D, welcher aus Schmiedeeisen verfertigt und im Inneren mit feuerfesten Steinen ausgekleidet ist. Außen ist der „Revolver" mit zwei Stahlringen versehen, welche auf vier kleinen Rädern aufruhen, die Drehung des gewaltigen Apparates geschieht mittelst einer Zahnradübersetzung, der Antrieb von einer Dampfmaschine aus.

Das Gemenge von Sulfat, Kohle und Kalkstein wird aus den Trichtern t in den Revolver eingefüllt, die Feuerung F, welche mit der Trommel durch ein kurzes, central in diese einmündendes Rohr in Verbindung steht, entsendet die Feuerungsgase, an deren Stelle in jüngster Zeit sehr häufig Generatorgase treten, in ihr Inneres, und nun wird die Trommel je nach Bedarf in langsame oder raschere Umdrehung versetzt, so daß dadurch das mühsame Umkrücken vollständig entfällt. Ist endlich der Proceß beendet, so giebt man der Trommel eine solche Stellung, daß die Entleerungsöffnungen nach abwärts gerichtet sind, fährt einen eisernen Wagen unter diese, und läßt nun die geschmolzene Masse ausfließen. Da ein Wagen die ganze Charge nicht aufzunehmen vermag, wird er während der Entleerung durch einen zweiten und dritten ersetzt.

Die gewöhnlichen Drehöfen besitzen eine Länge von 5 m bei 3 m Durchmesser; ein solches Ungethüm vermag binnen 24 Stunden 15 bis 20 t Sulfat zu verarbeiten. In Widnes und St. Helenes hat man aber in jüngster Zeit noch größere Revolveröfen mit 9 m Länge und 3·4 m innerem Durchmesser gebaut: der Umfang einer solchen Trommel beträgt also gegen 28 m. Dies macht es auch erklärlich, wenn wir weiter vernehmen, daß sie im Inneren mit 16.000 gewöhnlichen und 120 je 63 kg schweren feuerfesten Steinen ausgekleidet ist, daß sie in der Woche in 48 Chargen 400 t Sulfat und 200 t Kohle verarbeitet, und daß pro Tonne Sulfat eine halbe Tonne Brennmaterial erforderlich ist.

Die aus dem Revolver abziehenden Feuerungsgase streichen, ehe sie in den Kamin entlassen werden, zunächst noch unter Abdampfpfannen hin (in unserer Abbildung mit A bezeichnet), wo die ihnen innewohnende Wärme noch zur Concentration der Laugen verwendet wird, so daß eine sehr vollständige Ausnützung des Brennmateriales stattfindet, und die Heizgase gut abgekühlt in den Kamin gelangen.

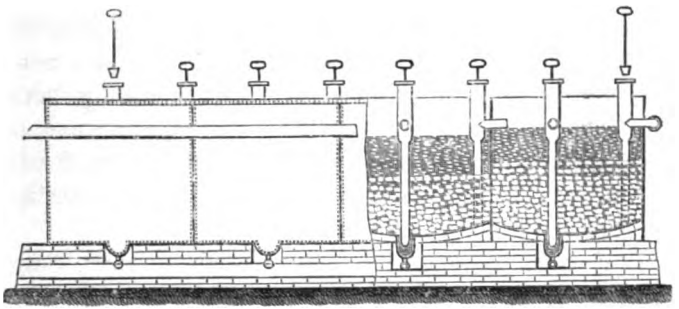
Die aus dem Ofen kommende Schmelze, die Rohsoda, bildet nach dem Erstarren eine blasige, schlackenartige, steinharte, blaugraue, mit Kohlenstückchen untermengte Masse, welche im Wesentlichen enthält:

1 bis 3% schwefelsaures Natrium,
1 „ 3% Kochsalz,
30 „ 40% kohlensaures Natron,
30 „ 40% Kalk und Schwefelcalcium,
2 „ 7% Kohle.

Digitized by Google

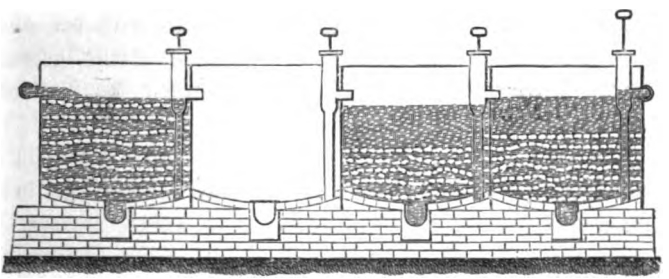
Aus dieser Masse muß nun durch Auslaugen die Soda entfernt werden. Der zur Auslaugung verwendete Apparat muß eine solche Beschaffenheit besitzen, daß er die Gewinnung einer hochconcentrirten Sodalösung gestattet, aus welcher dann natürlich die Soda durch Verdampfen des Wassers weit billiger gewonnen werden kann als aus einer verdünnten Lösung.

Man wendet auch hier das schon wiederholt beschriebene Gegenstromprincip an, indem man Wasser auf die schon nahezu erschöpfte Schmelze, und die schon fast gesättigte Lösung nochmals auf ganz neue Schmelze einwirken läßt. Früher bediente man sich zur Laugung stufenförmig angeordneter Gefäße, in welchen sich die Lösung nach abwärts bewegte, während die auszulaugende Schmelze in durchlochten Kasten in diese Gefäße eingehangen wurde. Nach einer bestimmten Zeit der Einwirkung wurde der Kasten mit den erschöpften Sodarückständen aus dem obersten Gefäße entfernt, und nun rückten alle durchlochten Kasten um ein Gefäß höher, während in das am tiefsten stehende ein frisch gefüllter Kasten eingehangen wurde.



Shank'sche Laugerei. (Längsschnitt.)

Auf diese Weise gelang es allerdings, das Ziel in einer befriedigenden Weise zu erreichen, doch geschah dies auf sehr umständliche Weise, da das Umhängen der Gefäße viel Zeit und Kraftaufwand beanspruchte.



Shank'sche Laugerei. (Querschnitt.)

Man wendet deshalb in neuerer Zeit ein anderes Verfahren an, welches unter dem Namen Shank'sche Laugerei bekannt ist, dessen Erfindung jedoch auf den bekannten Physiker Buff in Gießen zurückgeführt werden kann. Bei diesem Verfahren sind sämmtliche Auslaugegefäße zu einer Batterie verbunden, sie stehen alle in gleicher Höhe und sind durch Zu- und Ableitungsrohre in solcher Weise untereinander verbunden, daß jedes einzelne Gefäß zum ersten oder letzten gemacht werden kann. Jedes der Gefäße besteht aus einem eisernen Behälter — gewöhnlich wird an Stelle mehrerer Behälter ein einzelner großer, durch Scheidewände unter-

Digitized by Google

theilter angewendet — welcher entweder einen zweiten, sogenannten „falschen", siebartig durchlöcherten Boden besitzt, oder aber, wie es die Abbildung auf Seite 237 veranschaulicht, statt dieses falschen Bodens an der tiefsten Stelle mit einer von einer durchlochten Eisenplatte bedeckten Rinne ausgerüstet ist.

Jedes dieser Gefäße communicirt mit dem benachbarten durch verschließbare Rohre, so daß die unter dem falschen Boden, beziehungsweise in der Rinne befindliche Flüssigkeit in das nächste Gefäß übersteigt, sobald sie den nöthigen Höhenstand erreicht hat. Diese Höhe ist aber nicht in allen Gefäßen gleich, sondern sie ändert sich mit dem specifischen Gewichte der Flüssigkeiten. Da sich im letzten Gefäße die concentrirteste Lösung, also eine Flüssigkeit mit dem höchsten specifischen Gewichte befindet, so muß die Flüssigkeitssäule im vorhergehenden Gefäße entsprechend höher sein, um den erforderlichen Druck auszuüben, und die Differenz zwischen der Höhe der Flüssigkeitssäule im ersten Reservoir und jener in dem letzten wird dem Unterschiede in den specifischen Gewichten reinen Wassers und concentrirter Lauge entsprechen.

Gewöhnlich sind vier solcher Gefäße zu einer Batterie vereinigt, doch wird mitunter auch eine größere Anzahl Gefäße verwendet. Ist der Apparat im Betriebe — wir wollen als Beispiel einen solchen mit fünf Auslaugegefäßen wählen — so befindet sich in 1 fast erschöpfte Rohsoda, auf welche frisches Wasser fließt, während aus dem fünften Gefäße concentrirte Sodalösung abläuft. Die Communication zwischen 5 und 1 ist geschlossen. Wenn die aus 5 ablaufende Lauge nicht mehr die erforderliche Concentration besitzt, wird der Ablaufhahn geschlossen, ebenso der Wasserzulauf zu 1. Das in diesem Auslaugegefäße befindliche Wasser wird durch den Ablaufhahn abgelassen und entweder ganz aus der Fabrik entfernt, oder zunächst auf Gefäß 2 gepumpt. Dann wird der ausgelaugte Rückstand aus 1 entfernt und frische Rohsoda an seine Stelle gebracht, die Communication zwischen 1 und 2 wird geschlossen, dagegen die Verbindung zwischen 5 und 1 hergestellt u. s. f.

Wie man sieht, sind bei diesem Verfahren alle Uebelstände der alten Laugerei, besonders aber das zeitraubende Uebertragen des Laugegutes aus einem Gefäße in das andere vermieden. Die größte Menge Soda löst sich bei einer Temperatur von 36°, man wärmt daher die circulirende Lauge durch Dampfrohre, welche unter dem falschen Boden liegen, an, und nimmt die Laugerei überhaupt in einem Locale mit höherer Temperatur vor, damit sich die Hähne und Rohre nicht mit Sodakrystallen verlegen.

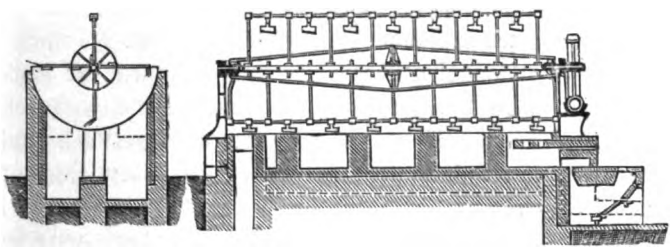
Die aus der Laugerei kommenden Laugen werden nun zunächst durch Stehenlassen geklärt und dann zur Verdampfung gebracht. Diese Lauge enthält aber außer Soda auch noch Aetznatron, Schwefel- und Cyanverbindungen und Kochsalz. Ehe man daher an das Abdampfen schreitet, pflegt man, wenn es sich um Herstellung einer besseren Sodaqualität handelt, die Schwefel- und Cyanverbindungen zu zerstören; dies wird durch das sogenannte Carbonisiren der Lauge erreicht. Man bläst nämlich in die Lauge gasförmige Kohlensäure ein, oder läßt

Digitized by Google

sie über einen mit Coaksstücken gefüllten Thurm laufen, in welchen unten Kohlensäure einströmt. Es wird dadurch nicht nur das Aetznatron, sondern auch ein großer Theil des Schwefelnatriums in Soda übergeführt; die verwendete Kohlensäure entstammt in der Regel einem Kalkofen.

Das Eindampfen geschieht in großen flachen Pfannen, welche durch die vom Schmelzofen abziehenden Gase geheizt werden. Da die Abscheidung der Soda aber schon während des Eindampfens beginnt und dadurch die Böden der Pfannen stark angegriffen werden, hat man auch hier besondere Pfannen construirt, welche das Anlegen der Soda an die Böden verhindern und auch das Ausfoggen automatisch besorgen.

Von den verschiedenen Constructionen dieser Art findet wohl die Thelen'sche Pfanne die ausgedehnteste Verwendung. Sie besteht aus mehreren gußeisernen, zu einer Pfanne verbundenen Halbcylindern von 2 m Durchmesser und 7 bis 10 m Länge. An einer in der Längsachse der Pfanne liegenden Welle sind Stangen befestigt, welche freihängende und schrägestehende Schaufeln tragen. Diese bestreichen während des Durchganges durch die Lauge den Boden der Pfanne und bewirken ein Fortschieben des ausgeschiedenen Salzes gegen das Ende hin, wo es durch eine Schaufel ausgehoben wird. Dadurch wird das unliebsame Anlegen und Anbrennen der Salze vollständig vermieden, und diese Pfannen können sehr lange Zeit in Verwendung stehen, ehe sie einer Reparatur bedürfen.



Thelen'sche Pfanne.

Das ausgesoggte Salz wird dann auf Bühnen abtropfen gelassen oder in Centrifugen abgeschleudert, wobei es auch durch Waschen mit kaltem Wasser von der noch anhaftenden Mutterlauge befreit werden kann. Dann gelangt es in den Calcinirofen, wo es vollständig entwässert wird; durch das Calciniren werden auch die noch vorhandenen Reste Aetznatron in kohlensaures und Schwefelnatrium in schwefelsaures Natrium übergeführt.

Früher verwendete man zum Calciniren offene Flammöfen, ganz ähnlich jenen, welche zur Erzeugung der Rohschmelzen dienten. Hier mußte die zu calcinirende Soda durch Handarbeit gewendet und bearbeitet werden, und es erforderte große Aufmerksamkeit von Seite der Arbeiter, um durch unachtsame und ungeschickte Hantirung nicht das Product zu verderben. Man wendet daher auch mechanische Calcinirvorrichtungen an. Der von Thelen gebaute Calcinirofen ist seiner Pfanne ganz ähnlich, nur bewegen sich hier die Schaufeln nicht im Kreise,

Digitized by Google

sondern die Welle erhält bloß eine oscillirende Bewegung. Die Schaufeln, welche in zwei Reihen angeordnet sind, schaffen die Soda langsam von einem Ende der Pfanne zum entgegengesetzten, zwei Walzen zerdrücken etwa vorhandene Knollen, und endlich wird die fertige, calcinirte Soda ausgeworfen.

Für die meisten Zwecke ist diese Soda genügend rein, um ein noch reineres Product zu erhalten, wird sie in Wasser gelöst, und nach dem Klären die Lösung in der gleichen Weise behandelt wie die Rohlauge.

Die bei der Krystallisation der Soda hinterbleibende Mutterlauge, welche durch Schwefeleisen und organische Substanzen roth gefärbt ist, und daher auch „Rothlauge" heißt, ist sehr reich an Aetznatron und wird daher gewöhnlich auf kaustische Soda verarbeitet. Es ist dies ein hauptsächlich aus Aetznatron bestehendes Product, welches nur wenig kohlensaures Natrium enthält, und in der Seifenfabrikation, Papierbranche u. s. f. Verwendung findet. Wir werden ihre Bereitung bei der Besprechung der Darstellung des Aetznatrons noch kennen lernen. Will man dagegen auch die Rothlauge auf Soda verarbeiten, so muß sie entweder durch Behandlung mit Kohlensäure oder dadurch carbonisirt werden, daß man sie unter Beimengung von Sägespänen calcinirt.

In den Haushaltungen wird fast allgemein die sogenannte „Krystallsoda" verbraucht. Sie wird aus der calcinirten Soda dargestellt, indem man diese in Wasser löst, die Lösung durch Stehenlassen klärt, und die reine Lösung in Bottichen der Krystallisation überläßt. Es bilden sich dabei an den Wänden der Krystallisationsgefäße und an eingehängten Stäben lange, durchsichtige und häufig gut ausgebildete Krystalle, die herausgeschlagen, getrocknet und in den Handel gebracht werden. Die Soda ist nämlich eines jener zahlreichen Salze, welche mit „Krystallwasser" krystallisiren, d. h. wenn sie sich aus ihrer Lösung abscheiden, so schließen sie gleichzeitig Wasser ein, welches aber in chemischer Verbindung vorhanden ist. So krystallisirt der Gips mit zwei Molecülen Krystallwasser, das Magnesiumchlorid mit 6, das Magnesiumsulfat mit 7 und das kohlensaure Natrium gar mit 10 Molecülen. Da aber das Wasser chemisch gebunden ist, sind die Krystalle vollständig trocken und klar. Allerdings geben die Krystalle schon beim Liegen an der Luft einen Theil dieses Krystallwassers ab, wobei sie trübe werden und endlich zu einem weißen Pulver zerfallen. Die sogenannte Krystallsoda enthält aber, in Procenten ausgedrückt, 62·93% Wasser, während die calcinirte Soda nahezu wasserfrei ist, im Detailhandel wird sie jedoch in der Regel nicht geführt. Der wirksame Bestandtheil der Soda ist aber immer nur das kohlensaure Natrium, nicht aber das Krystallwasser, und es sollte daher keine Hausfrau, wie dies nicht eben selten geschieht, beim Kaufmanne eine trübe und verwitterte Soda zurückweisen, denn eine solche ist gerade reicher an Natriumcarbonat und ärmer an Wasser, und daher werthvoller als die allerdings schönere, unverwitterte „Krystallsoda".

Einen wunden Punkt der Sodafabrikation nach dem Leblanc'schen Verfahren, welches wir eben kennen gelernt haben, bildeten lange Zeit die nach der

Digitized by Google

Auslaugung der Schmelze hinterbleibenden Rückstände. Man wußte mit ihnen nichts anzufangen, sie häuften sich in der Nähe der Fabriken zu kleinen Gebirgen an, was um so begreiflicher erscheint, wenn wir bedenken, daß 1 q fertiger calcinirter Soda 1·5 q solcher Rückstände liefert. Sie wurden aber nicht nur durch ihre Menge höchst lästig, auch in anderer Weise machten sie sich in einer sehr unliebsamen Weise bemerkbar.

In diesen Rückständen ist nämlich der gesammte, in den Sodaproceß eingeführte Schwefel enthalten, aber nicht in der harmlosen Form als Sulfat, sondern an Kalk gebunden, als „Polysulfid". Diese Polysulfide nun werden durch die Kohlensäure der Luft zerlegt, wobei sich kohlensaurer Kalk und Schwefelwasserstoff bildet, welcher die Atmosphäre verpestet. Werden sie vom Regen getroffen, so laugt das Wasser lösliche Schwefelverbindungen aus, welche, in Wasserläufe gelangt, diese verunreinigen und alle Lebewesen zum Absterben bringen.

Hatte schon die Salzsäure den Sodafabrikanten höchst unangenehme Stunden bereitet, so war dies mit diesen Rückständen in noch größerem Maße der Fall. Man wußte nichts mit ihnen anzufangen, die Berge thürmten sich zu immer gewaltigerer Höhe auf, und nur jene Sodafabriken, die in der Nähe des Meeres gelegen waren, wußten sich in ebenso einfacher als zweckmäßiger Weise Rath: sie bauten eigene Schiffe mit Klappböden, beluden diese mit den Rückständen, fuhren auf die hohe See hinaus, und versenkten sie in die Tiefe des Weltmeeres. Dort waren sie allerdings gut aufgehoben, man versenkte aber nicht nur die stinkende, sondern auch eine sehr werthvolle Substanz, an deren Wiedergewinnung damals freilich noch niemand dachte, nämlich den gesammten Schwefel, welcher in Form von Schwefelsäure in die Fabrik gelangte, und bei der Umwandlung des Kochsalzes in Soda nur eine Vermittlerrolle spielt.

Auch hier waren es wieder Chemiker, welche Abhilfe schufen. Es entstanden zahlreiche Verfahren, welche nicht nur die Unschädlichmachung der Rückstände, sondern auch die Wiedergewinnung des Schwefels bezweckten, und heute kann diese einst so brennende Frage als vollständig gelöst angesehen werden.

Das erste Verfahren zur Wiedergewinnung des Schwefels aus den Sodarückständen wurde schon im Jahre 1836 von T. H. Leighton angegeben, er oxydirte sie durch Liegenlassen an der Luft, wobei sich lösliche Schwefelverbindungen bildeten, diese wurden mit Wasser ausgelaugt und durch Salzsäure zerlegt, wobei sich Schwefel abschied. Es gelang aber nach diesem Verfahren nur einen Theil des Schwefels zu regeneriren, und dieses, wie zahlreiche ähnliche Verfahren — wir nennen nur die Namen Mond und Schaffner — scheiterten daran, daß die zu ihrer Ausführung erforderliche Salzsäure aufhörte, ein werthloses Nebenproduct der Sodafabrikation zu sein.

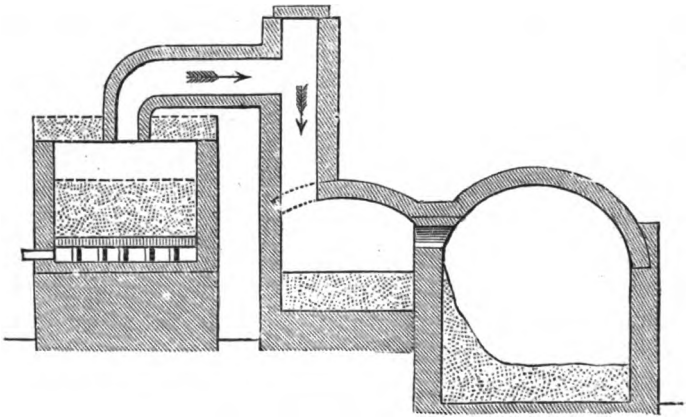
Bedeutend vollkommener war schon das Verfahren von Schaffner-Helbig, wodurch es gelang, 90 bis 95% des Schwefels wieder zu gewinnen. Hier wurden die Sodarückstände mit Chlormagnesiumlösung behandelt, wodurch sich das Magnesiumchlorid und das Schwefelcalcium in solcher Weise umsetzten, daß Magnesiumsulfid



Digitized by Google

und Chlorcalcium entstand. Das Magnesiumsulfid wird aber durch Wasser in Magnesiumhydrat und Schwefelwasserstoff zerlegt, der aufgefangen und nach der Schwefelsäurefabrik geleitet wird. Leitet man nun Kohlensäure oder kohlensäurehaltige Rauchgase in die vom Schwefelwasserstoff befreiten Rückstände, so entsteht wieder Magnesiumchlorid neben kohlensaurem Kalk, welcher in den Schmelzöfen Verwendung findet, während das Magnesiumchlorid neuerdings zur Gewinnung des Schwefels dient.

Durch dieses Verfahren fühlten sich aber die Gesellschaften, welche die spanischen Schwefelkiesgruben besaßen und den Sodafabriken den zur Erzeugung der Schwefelsäure dienenden Schwefelkies lieferten, begreiflicherweise sehr unangenehm berührt, da nun der Schwefel im Kreisprocesse wandern konnte, und die Sodafabrikanten nur jener Mengen Kies bedurften, um die unvermeidlichen Abgänge an Schwefel zu ersetzen. Um daher dieses von Schaffner erdachte und von Chance weiter ausgebildete Verfahren unmöglich zu machen, setzten sie den Preis des Kieses auf die Hälfte herab, also um jenen Betrag, welchen die Wiedergewinnung des Schwefels erforderte, wodurch dieses Verfahren lahmgelegt war.



Claus-Chance'scher Ofen.

Chance, welchem das Hauptverdienst an der entgiltigen Lösung der Frage der Schwefelregenerirung aus den Sodarückständen gebührt, ließ sich durch diesen taktischen Mißerfolg aber nicht abschrecken, umsoweniger, als das erwähnte Verfahren nicht ganz frei von gewissen Uebelständen war. Als wesentlichster wäre hervorzuheben, daß der gewonnene Schwefel nicht ganz rein war und einer Raffination bedurfte, welche nicht in der bekannten Weise durch Destillation, sondern durch Schmelzen unter Wasser ausgeführt werden mußte.

Seinem zielbewußten Streben, seinem eisernen Fleiße gelang es thatsächlich, ein allen Anforderungen entsprechendes Verfahren der Wiedergewinnung des Schwefels aus den Sodarückständen zu erfinden und auszuarbeiten, und im Jahre 1887 trat er damit in die Oeffentlichkeit. Heute wird sein Verfahren schon in den meisten Ländern ausgeübt.

Chance legte den Schwerpunkt seiner Erfindung auf die Wiedergewinnung des Schwefels als solchen, wobei er von der unstreitig richtigen Anschauung ausging, daß elementarer Schwefel unbedingt werthvoller sein müsse als der

Digitized by Google

Schwefel in Form von Pyrit. Er arbeitete daher zunächst mit C. Claus in London dessen Patent zur Erzeugung von Schwefel aus Schwefelwasserstoff aus. Dies geschieht durch Oxydation des in dem Schwefelwasserstoffgase enthaltenen Wasserstoffes unter Mitwirkung von Eisenoxyd, wobei der Wasserstoff zu Wasser oxydirt wird. Der Schwefelwasserstoff strömt durch eine in einem Ofen (siehe die Abbildung auf Seite 242) geschichtete Lage Eisenoxyd, und tritt als Schwefeldampf in der Richtung der Pfeile in die Condensationskammern ein.

Der Erfolg dieses Verfahrens hängt aber in erster Linie davon ab, daß das Schwefelwasserstoffgas mit einer solchen Luftmenge gemischt wird, welche gerade die zur Oxydation des Wasserstoffes erforderliche Sauerstoffmenge, nicht weniger und nicht mehr, enthält. Da der Gehalt der Luft an Sauerstoff constant ist, kam es darauf an, einen Gasstrom in den Ofen einzuführen, welcher stets annähernd den gleichen Gehalt an Schwefelwasserstoff besitzt. Dies ist aber nur zu erreichen, wenn auf die Sodarückstände ein Kohlensäurestrom von ebenfalls constantem Kohlensäuregehalte einwirkt.

Alle diese Schwierigkeiten hat Chance in glücklicher Weise gelöst und der chemische Proceß, welcher zur Ueberführung des in den Rückständen vorhandenen Schwefels in Schwefelwasserstoff benützt wird, besteht darin, daß Kohlensäure auf das Schwefelcalcium einwirkt. Dieses zersetzt sich dadurch in Schwefelwasserstoff und kohlensauren Kalk, welcher wieder bei der Sodaschmelze Verwendung findet. Das Schwefelwasserstoffgas passirt dann entweder den erwähnten Claus-Chance'schen Ofen, wobei der größte Theil des in ihm enthaltenen Schwefels als solcher gewonnen wird, oder man speichert es in großen Gasbehältern auf, von welchen es nach der Schwefelsäurefabrik gelangt. Wird Schwefelwasserstoff angezündet, so verbrennt er glatt zu Wasser und schwefliger Säure, und wie diese in Schwefelsäure umgewandelt werden kann, haben wir schon in einem früheren Abschnitte kennen gelernt.

Chance hatte gehofft, durch sein Verfahren die Pyritgewerkschaften zu veranlassen, ihren Pyrit kostenlos, nur gegen Rückerstattung des Röstgutes, aus welchem Kupfer gewonnen wird, an die Sodafabriken abzugeben. Diese sollten dann den Pyritschwefel in Form von Schwefelsäure in ihren Betrieb einführen und ihn nach dem Chance'schen Verfahren als elementaren Schwefel wieder aus den Rückständen gewinnen und verkaufen. Dadurch wäre aber dem sizilianischen Schwefel die schärfste Concurrenz gemacht worden. Diese Hoffnung hat sich allerdings nicht erfüllt, doch steht, wie erwähnt, das Chance'sche Verfahren in den meisten Fabriken, welche nach dem Leblancverfahren arbeiten, in Verwendung, und es bedeutet ebenso einen Triumpf der angewendeten Chemie, wie etwa das Weldonverfahren zur Wiedergewinnung des Mangansuperoxyds aus den Manganbrühen, oder der Salpetersäure in der Schwefelsäurefabrikation.

Mehr als acht Jahrzehnte war das Leblanc'sche Verfahren der einzige Weg um Kochsalz in Soda überzuführen. Die Fabrikationsweise hatte so tief Wurzel geschlagen, hatte die chemische Industrie überhaupt in so bedeutender Weise beein-



Digitized by Google

flußt, daß man es kaum für möglich gehalten hätte, diesen Proceß durch einen anderen verdrängt zu sehen. Und doch ist dies geschehen — der Ammoniaksodaproceß war es, der das Leblanc'sche Verfahren zunächst empfindlich schädigte, bis ein gewisser Gleichgewichtszustand eintrat. Denn das Leblanc'sche Verfahren wird, trotz der verschiedenen Mißstände, welche ihm anhaften, niemals allen Werth und alle Bedeutung verlieren, denn es liefert die heute so überaus wichtige Salzsäure, welche ohne die anschließende Umwandlung des Sulfates in Soda mit Aussicht auf Rentabilität wohl kaum gewonnen werden kann.

Wir dürfen uns aber andererseits nicht verhehlen, daß der Leblanc'sche Sodaproceß mit manchen Uebelständen behaftet ist. Als ein solcher muß es bezeichnet werden, daß der Vorgang eigentlich in zwei getrennte Operationen zerfällt: in die Darstellung des Sulfats und in dessen Umwandlung in Soda. Ferner sind sehr große Anlagecapitalien erforderlich, die Apparate benöthigen häufig Reparaturen, Verluste sind unvermeidlich — kurz alles dies zusammengenommen drängte die Erfinder geradezu ein Verfahren zu ersinnen, Kochsalz direct in kohlensaures Natrium umzuwandeln.

Das Princip, nach welchem dies geschehen kann, stammt schon aus dem Jahre 1863. H. Dyar und J. Hemming erwarben damals ein Patent auf den jetzt als „Ammoniaksodaproceß" bekannten Vorgang; erst dem genialen Erfinder Solvay blieb es jedoch vorbehalten, dieses Verfahren lebensfähig und ökonomisch zu machen.

Ehe wir jedoch auf dieses Verfahren selbst eingehen, müssen wir etwas weiter ausholen.

Wir erwähnten schon wiederholt des Ammoniaks, einer Verbindung aus Stickstoff und Wasserstoff, welche in beträchtlicher Menge bei der Darstellung des Leuchtgases aus Steinkohle als Nebenproduct gewonnen wird.

Die Gewinnung des Ammoniaks aus dem Gaswasser geschieht in der Weise, daß man es mit Kalk destillirt. Jedes Alkali, wie Aetzkali oder Natron, Kalk oder Magnesia treibt es aus seinen Verbindungen aus. Leitet man das entweichende Ammoniakgas in Wasser, so erhält man das Ammoniak, welches eine Lösung des Ammoniakgases in Wasser ist. Wird es dagegen in Schwefelsäure oder Salzsäure aufgefangen, so erhält man schwefelsaures, beziehungsweise salzsaures Ammon, letzteres ist unter dem Namen Salmiak bekannt. Da es der flüchtige Antheil des Salmiaks ist, und aus diesem in gleicher Weise wie aus dem Gaswasser durch Destillation gewonnen werden kann, führt das Ammoniak im Volksmunde gewöhnlich den Namen „Salmiakgeist".

Bei der Destillation des Ammoniaks gehen nebst diesem auch namhafte Mengen Wasser über. Um nun die vorgelegte Säure, wenn es sich um Darstellung eines Ammoniaksalzes handelt, nicht zu sehr zu verdünnen, und dadurch die Kosten der nachfolgenden Verdampfung zu erhöhen, nimmt man die Destillation in Vorrichtungen vor, welche den „Colonnenapparaten" der Spiritusfabriken nachgebildet sind. Man erreicht dadurch, daß hauptsächlich Ammoniakgas, und nur geringe

Digitized by Google

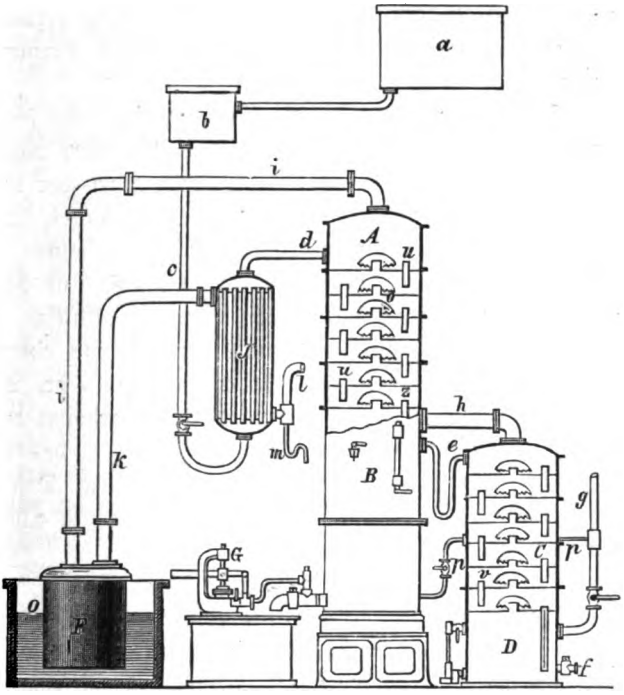
REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA



Mengen Wasserdämpfe in die Vorlage übertreten, die Wasserdämpfe werden in der Colonne selbst condensirt, während das Ammoniak, welches einen weit niederen Siedepunkt besitzt als das Wasser, überdestillirt.

Zur Ausführung dieser Operation wurden zahlreiche Vorrichtungen ersonnen, die sich jedoch nur wenig voneinander unterscheiden. Es wird daher genügen, wenn wir eine Construction kennen lernen, wir wählen den Apparat von Feldmann.

Er besteht aus der Colonne A, dem Zersetzungsgefäße B und der Nebencolonne C. Zur Darstellung von schwefelsaurem Ammon gelangt das Gaswasser aus dem Behälter a in das Gefäß b, welches mit einem Schwimmer versehen ist, welcher den Zufluß derart regulirt, daß, unabhängig von der Druckhöhe, stets die gleiche Menge Gaswasser austritt. Von hier tritt es durch das Rohr c in das Röhrensystem des Vorwärmers J und gelangt dann durch das Rohr d in die oberste Kammer der Colonne A. Durch die Ueberlaufrohre u gelangt das Gaswasser dann von Kammer zu Kammer, wird in jeder derselben durch den unter der Glocke austretenden Dampf ausgekocht und fließt, von allen flüchtigen Ammoniakverbindungen befreit, durch ein langes Ueberlaufrohr z bis fast auf den Boden des Zersetzungsgefäßes B. In dieses wird in Intervallen durch die Pumpe G Kalkmilch eingeführt, um die vorhandenen, nicht flüchtigen Ammoniakverbindungen zu zerlegen, während durch eine besondere Dampfeinströmung p das eingetretene Gaswasser beständig mit Kalkmilch vermischt wird. Diese Dampfeinströmung wird so regulirt, daß das zersetzte Gaswasser, vom überschüssigen Kalk befreit und geklärt, durch das gebogene Ueberlaufrohr e in die Nebencolonne C überläuft. In den einzelnen Kammern dieser Colonne wird das Aetzammoniak ausgetrieben, das erschöpfte Wasser sammelt sich in der Abtheilung D und läuft von hier durch den Hahn f ununterbrochen ab.




Feldmann's Apparat zur Gewinnung von Ammoniak.

Digitized by Google

Der Heizdampf tritt durch das Rohr g in die Colonne C, wird hier durch die gezahnten Glocken v gezwungen, in sämmtlichen Abtheilungen die Flüssigkeit zu durchbrechen, geht durch das Rohr h in die Colonne A, durchströmt auch hier die Flüssigkeit in sämmtlichen Kammern, und entweicht, beladen mit der Gesammtmenge des Ammoniaks, durch das Abzugsrohr i, um unter der Bleiglocke F in die Schwefelsäure des offenen, aus Bleiplatten hergestellten Kastens O zu treten. Das Ammoniak wird von der Schwefelsäure gebunden, die nicht absorbirten übelriechenden Gase treten durch das Rohr k in den Vorwärmer J. Das sich hier condensirende Wasser fließt durch das Rohr m ab, die nicht verflüchtigten Gase werden durch das Rohr l nach einer Feuerung geleitet, wo sie fast vollständig verbrennen. Zur Darstellung des wässerigen Ammoniaks dienen ganz ähnliche Apparate.

Das Ammoniak ist ein Gas, welches sich sehr leicht in Wasser löst, und gleich den Aetzalkalien eine starke Base bildet. Es färbt Lackmustinctur blau, bildet mit Säuren Salze und ist flüchtig. Säuren gegenüber benimmt es sich ganz wie ein Metall, es tritt an die Stelle des Wasserstoffes, und bildet mit zweibasischen Säuren zwei Salze, sowohl neutrale als auch saure. Gegenüber Kohlensäure verhält es sich ganz wie Natrium oder Kalium, und das saure kohlensaure Ammon oder Ammoniumbicarbonat reagirt ebenfalls alkalisch.

Wird nun doppeltkohlensaures Ammon mit einer Lösung von Chlornatrium zusammengebracht, so setzt es sich mit diesem in der Weise um, daß Chlorammon, der bekannte Salmiak, und saures Natriumcarbonat entsteht. Wird dieses erhitzt, so geht es unter Abspaltung von Kohlensäure in das neutrale kohlensaure Natrium über, und aus dem Chlorammon kann durch Destillation mit Aetzkalk wieder Ammoniak gewonnen werden, während sich das Chlor mit dem Kalk zu Chlorcalcium verbindet.

Im Grunde genommen ist also dieser Proceß höchst einfach. Wenn es trotzdem Jahrzehnte gedauert hat, bis er die heutige Vollkommenheit erlangte, so liegt die Ursache einzig und allein darin, daß erst durch jahrelanges Studiren und Probiren die zu seiner Ausführung nöthigen und zweckmäßigsten Apparate ersonnen werden mußten.

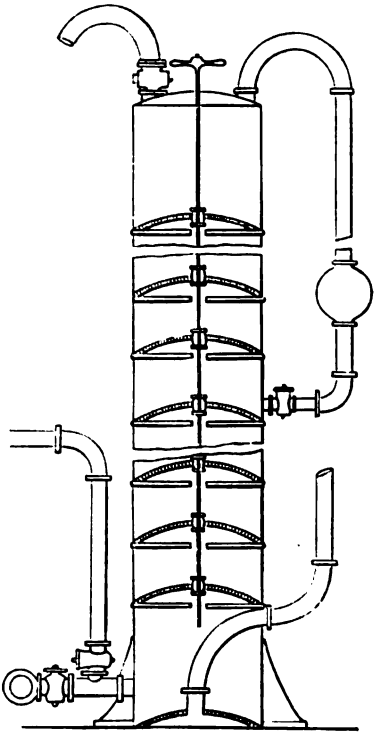
Der Ammoniak- oder Solvaysodaproceß zerfällt in folgende Operationen:

Darstellung der Kohlensäure durch Brennen von Kalkstein in geeigneten Oefen. Herstellung einer ammoniakhaltigen Lösung von Kochsalz. Sättigen der ammoniakalischen Kochsalzlösung mit Kohlensäure. Trennung des Bicarbonats, welches sich abscheidet, von der Mutterlauge. Umwandlung des doppeltkohlensauren in kohlensaures Natrium. Gewinnung des Ammoniaks aus den Salmiaklaugen durch Destillation mit Kalk.

Das Wesen dieses Processes und die sich dabei abspielenden Reactionen kennen wir bereits, es erübrigt also nur noch, die Arbeitsweise und die hierbei Verwendung findenden Apparate näher zu besprechen.

Digitized by Google

Die Kohlensäure wird in Schachtöfen erzeugt, in welche man Kalkstein und Coaks einschüttet. Bei höherer Temperatur trennt sich die Kohlensäure des Kalksteines von dem Kalke, die Oefen sind derart construirt, daß die Kohlensäure, welcher sich natürlich auch die aus dem Brennmaterial stammende beimengt, aufgefangen und weitergeleitet werden kann. Die vom Ofen abziehenden Gase enthalten 30 bis 32% Kohlensäure; vor ihrer Verwendung müssen sie einen Coaksthurm passiren, durch welchen Wasser fließt. Dadurch wird einerseits eine Abkühlung der Gase, andererseits aber auch eine Reinigung derselben, besonders von schwefliger Säure erzielt.



Colonnenapparat zur Darstellung von Ammoniak-Soda.

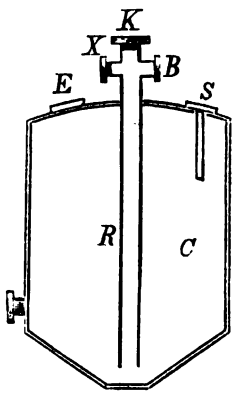
Das Kochsalz muß in Form einer Lösung verwendet werden; wo immer es angeht, benützt man daher natürliche Soolquellen, und reichert diese, wenn nöthig, durch Auflösen von Kochsalz an. Steht eine Salzsoole nicht zur Verfügung, so wird die Lösung durch Auflösen von Salz erzeugt. Man verwendet zu diesem Zwecke Vorrichtungen, welche ganz ähnlich wie die beschriebene „systematische" Laugerei, welche zum Auslaugen der Sodaschmelze nach dem Leblanc'schen Verfahren verwendet wird, construirt sind. Das Salz oder die Soole enthält aber stets geringe Mengen Kalk und Magnesia, welche sich bei der folgenden Behandlung mit Kohlensäure als kohlensaure Salze abscheiden und das Product verunreinigen würden. Sie müssen daher zunächst entfernt werden, und dies erreicht man dadurch, daß man die Salzlösung mit kohlensaurem Ammon, beziehungsweise mit ammoniakhaltigem Wasser aus einem späteren Stadium der Fabrikation behandelt, und die Salzlösung durch Filtervorrichtungen von den ausgefällten Stoffen trennt.

Nun folgt die zweite Operation, die Sättigung der Salzlösung mit Ammoniak. Man erreicht dies, indem man die Kochsalzlösung einen sogenannten Colonnenapparat passiren läßt, in welchen unten gasförmiges, beziehungsweise mit Wasserdämpfen beladenes Ammoniak eintritt. In diesem Apparate wird die Salzlösung gezwungen, sich wiederholt über eine große Oberfläche zu vertheilen, und es werden niedere Flüssigkeitsschichten gebildet, durch welche das Ammoniak streichen muß, so daß eine innige Berührung zwischen der Salzlösung und dem Ammoniak erzielt wird. Ammoniaklösungen vermögen jedoch weit weniger Kochsalz zu lösen als reines Wasser, und es würde daher eine Abscheidung von Kochsalz stattfinden,

Digitized by Google

wollte man eine gesättigte Salzlösung mit reinem, wasserfreiem Ammoniakgas behandeln. Wie erwähnt, führt das verwendete Ammoniak aber stets eine ausreichende Menge Wasserdampf mit, um die Salzlösung entsprechend zu verdünnen, so daß alles gelöste Kochsalz auch gelöst bleibt. Sie wird sogar so stark verdünnt, daß sie neuerdings Kochsalz aufzulösen vermag, und da es rationeller ist, mit einer ganz concentrirten Lösung zu arbeiten, so läßt man die mit Ammoniak gesättigte Lösung abermals in die Laugerei eintreten.

Zur Sättigung der ammoniakalischen Kochsalzlösung mit Kohlensäure dienen ebenfalls Colonnenapparate, welche 15 bis 20 m Höhe bei einem Durchmesser von 1·5 bis 2 m besitzen. In diese Ungethüme tritt die Kohlensäure unten ein, und ist gezwungen, eine Reihe von horizontalen gußeisernen Platten mit darüberliegenden durchlöcherten Kugelsegmenten, welche 50 cm voneinander abstehen, zu passiren.



Carbonisator von Honigmann.

Die ammoniakalische Salzlösung nimmt den entgegengesetzten Weg, und kommt dadurch, während sie durch die zahlreichen Oeffnungen der Kugelsegmente nach abwärts fließt, und das Kohlensäuregas gleichzeitig sich einen Weg nach oben bahnt, mit der Kohlensäure in innige Berührung. Aus dem untersten Theile des Apparates fließt die mit Kohlensäure gesättigte Lösung ab, welche das Natriumcarbonat in Form eines Niederschlages mit sich führt. Die eintretende ammoniakalische Salzlösung riecht stark nach Ammoniak, welches einen unangenehmen, stechenden Geruch besitzt, die austretende Flüssigkeit ist fast geruchlos, und hat auch die ihr gewöhnlich eigene grünliche Färbung fast vollständig verloren.

Die Thürme müssen von Zeit zu Zeit eine Reinigung erfahren, da sich die zahlreichen Oeffnungen durch das ausgeschiedene Natriumbicarbonat verlegen. Man verwendet daher auch andere, einfachere Carbonisirungsapparate, welche zwar nicht ein continuirliches Arbeiten, wie die Solvay'sche Colonne gestatten, aber sonst manche Vortheile bieten. So besteht der Carbonisator von Honigmann aus einem schmiedeisernen Cylinder C, dessen Untertheil sich verjüngt, wodurch die Entleerung erleichtert wird. Bei K preßt eine Gebläsemaschine kohlensäurehaltige Gase in die Vorrichtung, welche durch das Rohr R in die ammoniakalische Salzlösung eintreten und die etwa 2 m hohe Flüssigkeitsschicht durchstreichen. Bei E treten die unabsorbirten Gase aus und werden nach dem nächsten, ganz gleich construirten Apparat geleitet, in welchen sie bei B eintreten. Ist endlich die Sättigung mit Kohlensäure vollzogen, so wird E abgesperrt, der Druck der Kohlensäure preßt dann den Inhalt des Apparates durch X heraus, der dann neuerdings durch S mit Salzlösung beschickt wird.

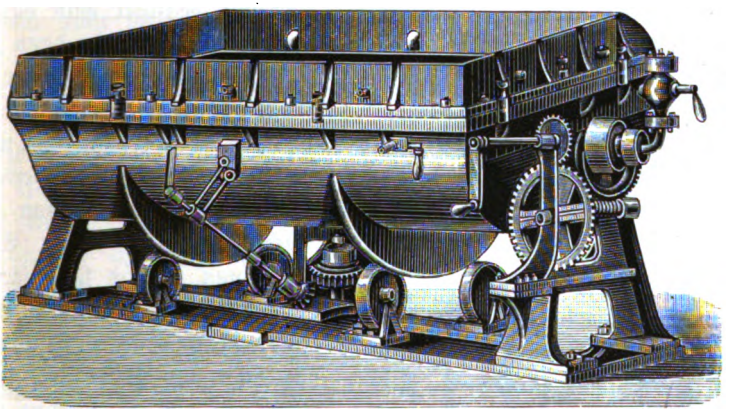
Alle diese Vorrichtungen erwärmen sich während des Betriebes sehr stark, da die Bildung des Ammoniumbicarbonates unter Wärmeentwickelung verläuft. Da

Digitized by Google

nun die Umsetzung nur dann in der richtigen Weise von Statten geht, wenn die Temperatur nicht mehr wie 40° beträgt, so muß durch Wasserkühlung einer Ueberschreitung dieser Grenzzahl vorgebeugt werden.

Das aus den Carbonisatoren austretende Gas, welches bei gutem Betriebe fast nur aus Stickstoff besteht, wird zur Wiedergewinnung der geringen Mengen mitgerissenen Ammoniaks mit der in den Proceß eintretenden frischen Salzsoole gewaschen. Dies geschieht ebenfalls in Colonnenapparaten, in welche das Gas unten eintritt, während die Soole von oben herabrieselt.

Die nächste Operation besteht in der Trennung der Mutterlaugen von dem darin suspendirten Natriumbicarbonat. Diese erfolgt auf sogenannten Nutschfiltern. Es sind dies große hölzerne oder eiserne Kästen mit falschen, siebförmig durchlochten Böden, die mit einem Filtertuche überdeckt sind. Der unter dem falschen



Nutschvorrichtung.

Boden befindliche Raum steht mit einer Luftpumpe in Verbindung, welche daraus die Luft continuirlich absaugt. Wird nun die Mutterlauge mit dem darin suspendirten Bicarbonat in diese Vorrichtung gebracht, so setzt sich das doppeltkohlensaure Natrium auf dem Filtertuche fest, die Mutterlauge hat aber die Tendenz, in den unter dem falschen Boden befindlichen, mit verdünnter Luft erfüllten Raum einzudringen, wodurch sie vollständig abgesogen wird. Man wäscht dann das Bicarbonat noch mit kaltem Wasser, um auch die Reste von Mutterlauge zu entfernen, und wandelt es schließlich durch Erhitzen in kohlensaures Natrium, in Soda um.

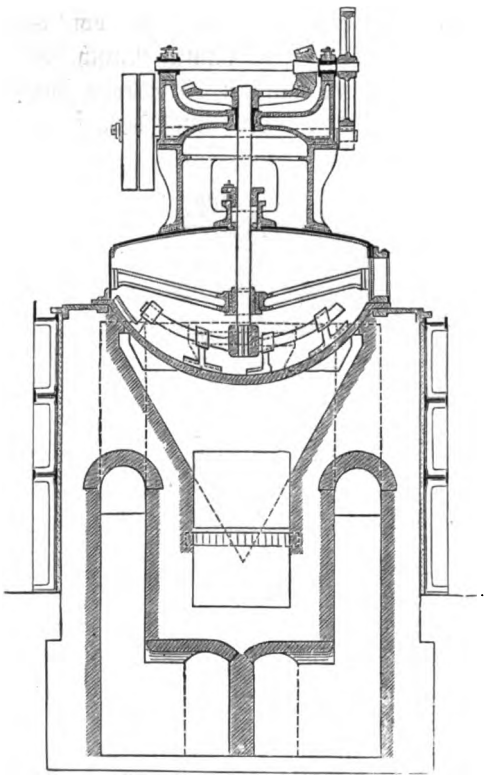
Bei dieser Operation muß jedoch die entweichende Kohlensäure aufgefangen werden, um wieder in den Betrieb zu gelangen. Man verwendet deshalb geschlossene Apparate, die aus einer halbrunden flachen gußeisernen Schale bestehen, welche mit einer luftdicht schließenden Kappe verbunden ist; in der Schale bewegt sich eine Rührvorrichtung. Aus der Kappe führt ein Rohr das Gemenge von Kohlen-

REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA
Digitized by Google

säure, kohlensaurem Ammon und Wasserdampf ab, welches sich bei der Zersetzung des Bicarbonates bildet.

Die Soda wird dann noch in einem zweiten, der Thelen'schen Pfanne ähnlichen Apparate fertig calcinirt, wenn erforderlich gemahlen, und kann nun als fertiges Product in den Handel gebracht werden.

Einen wesentlichen Theil des Solvayprocesses bildet die Wiedergewinnung des Ammoniaks aus der Mutterlauge. Das Ammoniak ist zum Theile als saures kohlensaures Ammon, zum Theile aber auch als Chlorammon vorhanden. Da das kohlensaure Ammon schon durch bloßes Erhitzen in Kohlensäure und Ammoniak zerfällt, so wird die Destillation in zwei Stadien vorgenommen. Zunächst destillirt man das flüchtige Ammon ab und setzt dann erst Kalkmilch zu, um auch das als Chlorammon vorhandene Ammoniak zu gewinnen. Das Ammoniak wird dann neuerdings im Betriebe verwendet.



Solvey'scher Ofen zur Zersetzung des Natriumbicarbonates.

Es hinterbleiben nun noch die Rückstände von der Ammoniakgewinnung, welche hauptsächlich aus einer Lösung von Chlornatrium und Chlorcalcium bestehen. Für diese Laugen hat man zur Zeit noch keine Verwendung, und sie werden weglaufen gelassen. Sie enthalten aber die Gesammtmenge des in die Fabrikation eingeführten Chlors, und es ist begreiflich, daß man bestrebt ist, ein Verfahren zu ersinnen, welches die Gewinnung desselben, sei es als Chlor, sei es als Salzsäure ermöglicht. Ist dies erfolgt, dann wird der Zeitpunkt gekommen sein, mit welchem das alte Leblanc'sche Verfahren vollständig von dem Solvayprocesse geschlagen ist. Zwar giebt es schon einige Verfahren, welche die Aufarbeitung dieser Mutterlaugen bezwecken, doch hat allem Anscheine nach noch keines jene Durchbildung erfahren, welche zu einer allgemeinen Einführung Bedingung ist; es steht jedoch außer allem Zweifel, daß auch diese Frage ihre Lösung finden wird.

Ein Product, dessen wir schon wiederholt gedachten, und welches ebenfalls einen Handelsartikel bildet, ist das Natriumbicarbonat, oder doppeltkohlensaure

Digitized by Google

Natron. Zwar wird es, wie wir gesehen haben, als Zwischenproduct beim Solvayprocesse erhalten, doch enthält dieses Bicarbonat stets Ammoniak, so daß es nicht verwendet werden kann. Man ist daher genöthigt, das für Haushaltungszwecke (Backpulver) und zu Brauselimonaden u. s. w. bestimmte Product aus kohlensaurem Natrium durch Sättigen mit Kohlensäure darzustellen.

Zu diesem Zwecke bringt man Krystallsoda in große eiserne und dicht verschließbare Kammern, und leitet in diese Kohlensäure ein. Es entsteht Natriumbicarbonat, und gleichzeitig löst das frei werdende Krystallwasser die Verunreinigungen der Krystallsoda, Kochsalz und schwefelsaures Natrium. Die Lösung dieser Salze fließt continuirlich aus der Kammer ab; hört endlich der Abfluß auf, so ist dies ein Zeichen, daß die Bildung des Bicarbonates beendet ist. Man öffnet die Kammer, und trocknet das doppeltkohlensaure Natrium bei nicht zu hoher Temperatur, da es sonst wieder in kohlensaures Natrium übergeht. An Stelle der Krystallsoda wird vielfach auch die ebenfalls sehr reine und billigere Solvaysoda verwendet.

Für viele Fabrikationszweige ist auch das Aetznatron von großer Bedeutung. Zur Darstellung des Productes, das gewöhnlich unter der Bezeichnung „kaustische Soda" gehandelt wird, dienen entweder die schon an früherer Stelle erwähnten „Rothlaugen" oder aber es wird direct aus Soda erzeugt.

Die Umwandlung des kohlensauren Natriums in Aetznatron beruht auf der Umsetzung, welche zwischen einer Lösung von Soda und Aetzkalk stattfindet. Trägt man nämlich in kohlensaures Natrium gebrannten Kalk ein, so entzieht dieser dem kohlensauren Natrium die Kohlensäure und bildet unlöslichen kohlensauren Kalk, gleichzeitig giebt er aber an das Natrium seinen Sauerstoff ab.

Die Rothlaugen enthalten schon namhafte Mengen Aetznatron; um sie vollständig in dieses Product überzuführen, ist also eine geringere Menge Aetzkalk erforderlich, wie wenn Soda verarbeitet wird. Der gebrannte Kalk wird in Körbe gefüllt, welche in die Rothlauge eingehangen werden. Er löscht sich dabei, und gleichzeitig findet die geschilderte Umsetzung statt. Durch Dampf wird die Lösung zum Sieden erhitzt, dann läßt man den kohlensauren Kalk sich absetzen und zieht die klare Lauge ab. Der kohlensaure Kalk selbst findet wieder im Schmelzproceß, wenn nach dem Leblanc'schen Verfahren gearbeitet wird, Verwendung.

Die klare Lauge wird nun in offenen Kesseln eingeengt. Während dieses Vorganges werden verschiedene, verunreinigende Salze ausgeschieden, welche ausgesoggt werden. Dagegen bleibt das Schwefelnatrium und etwa vorhandenes Schwefeleisen in Lösung, und diese Verbindungen ertheilen dem fertigen Producte eine unschöne, gelblich-grüne Färbung. Da diese Stoffe aber nicht bloß das Auge beleidigen, sondern auch den Werth der Waare herabsetzen, ja sie sogar für viele Zwecke unbrauchbar machen würden, müssen sie entfernt werden.

Man erreicht die Zerstörung des Schwefelnatriums nach zwei Methoden, die aber beide auf die Ueberführung dieser Verbindung in das weit weniger schädliche schwefelsaure Natrium hinauslaufen. Entweder man bläst in die Lösung des Aetznatron Luft ein und bewirkt auf diese Weise die Oxydation durch den

Digitized by Google

Luftsauerstoff, oder man mischt der Lösung Salpeter bei. Dieser wirkt bei der hohen Temperatur, welche die Lauge besitzt, ebenfalls oxydirend, der Stickstoff entweicht, und das Natrium des Salpeters geht ebenfalls in Aetznatron über.

Um das Aetznatron vollständig zu entwässern, wird es endlich in geräumigen Eisenkesseln vollständig geschmolzen, wobei es dünnflüssig wird, und längere Zeit in diesem Zustande erhalten. Während dieser Zeit setzen sich alle ungelösten fremden Körper zu Boden, und nun kann die klare Schmelze abgegossen werden. Man bringt sie in große, aus Eisenblech verfertigte Cylinder, in welchen sie erstarrt und in den Handel gebracht wird.

Das Aetznatron ist, wie schon sein Name besagt, ein mit ätzenden Eigenschaften begabter Körper. Es greift die Haut stark an, ruft bei längerer Berührung wunde Stellen hervor, und wird in wässeriger Lösung im Haushalte als „Lauge" verwendet, während festes Aetznatron als „Laugenstein" im Handel vorkommt. Früher wurde vielfach die Lauge selbst in der Weise bereitet, daß man Holzasche mit Wasser anrührte und in die erwärmte Lösung Aetzkalk eintrug; wir wissen jetzt, welche Vorgänge sich dabei abspielen. Natürlich enthält diese Lauge nicht Aetznatron, sondern Aetzkali, das übrigens die gleichen Eigenschaften besitzt.

Der Kampf, welcher sich zwischen den beiden Processen der Sodaerzeugung, dem alten Leblanc'schen Verfahren und dem neueren Solvayprocesse abspielte, und mit der Vernichtung aller kleineren und minder gut fundirten Leblancsodafabriken endete, zeigt uns auf das deutlichste, wie der Fortschritt auch auf dem Gebiete der angewandten Chemie das Gute verdrängt, um dem Besseren Platz zu machen. Als Nebenindustrien der Sodafabrikation gelangten verschiedene neue Körper zur Darstellung, die nutzbringende Aufarbeitung der Rückstände war eine brennende Tagesfrage geworden, man war bestrebt, den Gang der Fabrikation so zu leiten, daß er von dem größten möglichen ökonomischen Erfolge begleitet war. All diese epochemachenden Fortschritte, viele befruchtende Anregungen, welche sowohl die wissenschaftliche, als auch die angewandte Chemie erfuhr, sie alle sind aber zurückzuführen auf den einen unglücklichen Erfinder, auf Nicolas Leblanc. Er war es, der die Lawine ins Rollen gebracht hatte, und wäre es ihm vergönnt gewesen, in seiner letzten Stunde einen Blick in die Zukunft zu thun, um zu sehen, in welcher Weise sich die von ihm unter schweren Sorgen ins Leben gerufene Industrie entwickeln wird, um zu sehen, wie sie andere Industrien hervorrief und geradezu zum Ausgangspunkte der chemischen Industrien im eigentlichen Sinne des Wortes wurde, er hätte wenigstens mit dem Troste sich zur Ruhe legen können, nicht umsonst gelebt zu haben. So aber endete er seine Tage im Armenhause, verkannt, aller Mittel entblößt, ohne Freund und ohne Anerkennung. Auf ihn hatte so recht das alte Dichterwort Anwendung: „Nemo propheta in Patria!" England war es, wo die Sodaindustrie, ausgeübt nach seinem Verfahren, ihre Blüthezeit erreichte, als er schon längst unter dem Rasen ruhte.

Welch trauriges Los so vieler genialer Erfinder, die Früchte ihrer Sorgen und Mühen nicht selbst genießen zu dürfen!

---

Digitized by Google

# Brom, Jod und Fluor.

Wenn wir alle bekannten Elemente in solcher Weise anordnen, daß die mit gleichen oder doch ähnlichen Eigenschaften begabten beisammen stehen, so sehen wir, daß sie natürliche Gruppen oder Familien bilden, in welchen alle Glieder gewisse Uebereinstimmungen oder Aehnlichkeiten zeigen. Zwei Angehörige einer solchen Familie, jener der Alkalimetalle, haben wir schon kennen gelernt, es sind dies das Natrium und das Kalium, und der Leser wird sich erinnern, daß ihre Verbindungen und deren Eigenschaften sehr große Aehnlichkeiten aufweisen, was zur Folge hat, daß auch ihre Darstellung im großen und ganzen nach den gleichen Methoden erfolgt. Dieser Gruppe der Alkalimetalle gehören aber noch drei Elemente an, das Lithium, Cäsium und das Rubidium. Dies sind jedoch sogenannte seltene Elemente, welche nur in relativ geringer Menge vorkommen, besonders das Cäsium und das Rubidium sind nur an wenigen Punkten der Erde bisher angetroffen worden. Eine andere natürliche Familie der Elemente bilden die sogenannten „Halogene", zu deutsch „Salzbildner", Elemente, deren Verbindungen mit Metallen den Charakter von Salzen haben. In diese Gruppe gehört das Chlor, das mit dem Metalle Natrium das Kochsalz, mit Kalium das Chlorkalium bildet; wir haben die Eigenschaften, die Darstellung und die Verwendung dieses Elementes schon an einer früheren Stelle kennen gelernt. Ihm sehr nahe verwandt sind jedoch noch drei weitere Elemente, das Brom, das Jod und das Fluor, und diese sollen in diesem Abschnitte besprochen werden. —

Ebenso wenig wie das Chlor kommt das Brom im freien Zustande in der Natur vor, dagegen tritt es als Begleiter des Chlornatriums in der diesem analogen Verbindung, als Bromnatrium auf, es findet sich im Meerwasser, in manchen Salzsoolen und endlich in den Staßfurter Abraumsalzen, aus welchen heute auch die größten Mengen gewonnen werden.

Digitized by Google

Das Brom wurde im Jahre 1826 von Balard in den Mutterlaugen südfranzösischer Salzgärten entdeckt. Wie man erzählt, soll Liebig schon früher ebenfalls solche bromhaltige Mutterlaugen unter den Händen gehabt haben, es sollen ihm bei ihrer Untersuchung auch manche ihm unbekannte Erscheinungen aufgefallen sein, die ihn bei weiterer Verfolgung wohl zur Entdeckung dieses Elementes hätten führen können. Er legte, mit anderen Arbeiten beschäftigt, diesen Wahrnehmungen keine weitere Bedeutung bei, und erst als er von der Entdeckung des Broms durch Balard Kenntnis erhalten hatte, erging er sich in eben nicht gerade schmeichelhaften Selbstvorwürfen, daß er sich den Ruhm, ein Element entdeckt zu haben, entgehen ließ. Nun, Liebig's Name ist auch ohne diese Entdeckung mit ehernem Griffel in das Buch der Unsterblichkeit eingeschrieben, und wir werden noch sehen, daß er wohl mehr der Menschheit und dem Fortschritte genützt hat, wie wenn er bloß der Entdecker eines neuen Elementes geworden wäre.

Das Brom ist bei gewöhnlicher Temperatur eine schwere, rothbraune Flüssigkeit, welche braune Dämpfe von höchst widerlichem Geruche ausstößt. Dieser Eigenschaft verdankt es seinen Namen: Bromos heißt im Griechischen der Gestank, und damit ist dieses Element auch ganz trefflich gekennzeichnet. Bromdampf riecht aber nicht nur höchst widerlich, er greift auch die Athmungsorgane und die Schleimhäute der Nase und der Augen stark an, und jedem Chemiker, der das Mißgeschick hatte, bei seinen Arbeiten mit Bromdampf in zu innige Berührung gekommen zu sein, werden die gemischten Gefühle, welche ihm dies verursachte, wohl zeitlebens in Erinnerung bleiben.

Ursprünglich wurde alles Brom aus den Mutterlaugen südfranzösischer Meersalinen gewonnen, heute wird fast der gesammte Bedarf, der seither ganz gewaltig gestiegen ist, von Staßfurt und von Nord-Amerika aus gedeckt. Aus seinen Verbindungen wird das Brom durch das stärkere Chlor verdrängt, behandelt man daher eine Bromverbindung, etwa Bromnatrium oder Brommagnesium mit Chlor, oder, was auf dasselbe hinauskommt, mit Braunstein und Salzsäure, so bildet sich Chlornatrium oder -Magnesium, und das in Freiheit gesetzte Brom entweicht in Form rother Dämpfe, welche aufgefangen und verdichtet werden.

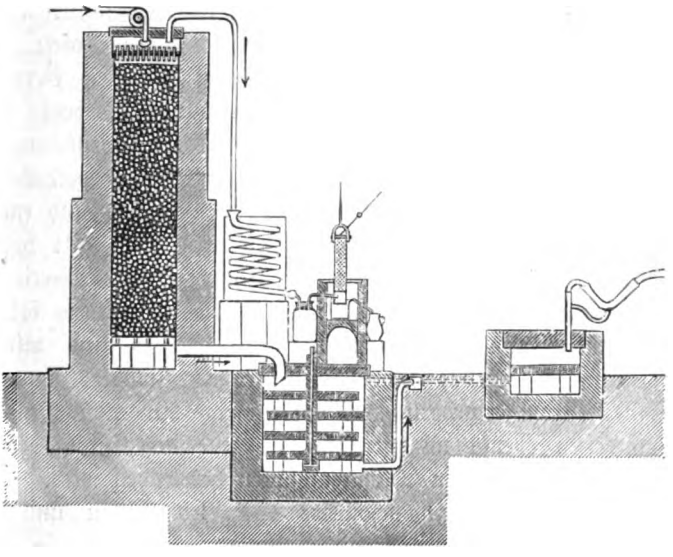
In Staßfurt werden die von der Verarbeitung des Carnallits stammenden Endlaugen, welche hauptsächlich Chlormagnesium enthalten, auf Brom verarbeitet. Ihr Gehalt an Brom ist allerdings ein recht geringer, doch sind in 1000 l dieser Laugen immer rund 3·5 kg vorhanden. Da die Gewinnung keine besonders kostspieligen Anlagen und Vorrichtungen erfordert, und der Preis des Broms dauernd ein guter ist, bleibt seine Darstellung immerhin lohnend.

Zur Gewinnung des Broms werden die heißen, bromhaltigen Endlaugen von der Carnallitverarbeitung auf einen Thurm geleitet, welcher mit Thonkugeln gefüllt ist. Ueber diese rieselt nun die Lauge herab, während von unten ein Chlorstrom eingeleitet wird. Dieser setzt das Brom in Freiheit, welches sich in der Flüssigkeit löst. Um es auszutreiben, muß die Lösung gekocht werden, die Dämpfe leitet man nach einem Kühler, und fängt das Brom nebst dem sich verdichtenden

Digitized by Google

Wasser, in welchem es nur zu 3% löslich ist, in einem Glasgefäße auf. Alle Apparate und Vorrichtungen, wie der erwähnte Thurm, das Kühlrohr, der Kochapparat u. s. f. müssen aus gebranntem Thone verfertigt sein, da das Brom die Metalle sehr heftig angreift.

Zur Reinigung wird das rohe Brom nochmals aus Glasretorten destillirt, dann wird es in gut schließende Glasflaschen gefüllt, und in diesen in den Handel gebracht. Soll Brom auf weitere Strecken versendet werden, so sind besondere Vorsichtsmaßregeln erforderlich. Man packt dann die Flaschen in Blechgefäße und füllt den Zwischenraum mit Kieselguhr aus, überdies werden die Blechbüchsen verlöthet. Es hat dies den Zweck, im Falle des Bruches einer Flasche das Brom von der Kieselguhr festzuhalten, welche es sehr begierig aufnimmt. Man bringt das Brom auch von Kieselguhr aufgesogen in den Handel, es wird dann als „Bromum solidificatum" bezeichnet.



Vorrichtung zur Gewinnung von Brom

Während Brom von der Kieselguhr aber nur mechanisch festgehalten wird, stellt man auch eine Verbindung mit Eisen, das Bromeisen her, welches eine braunschwarze, krystallinische Masse bildet und im wasserfreien Zustande 79% Brom enthält. In dieser Form kann das Brom in vollkommen gefahrloser Weise versendet werden, das Bromeisen dient aber auch zur Darstellung der am meisten angewendeten Verbindung des Broms, nämlich des Bromkaliums.

Um Bromkalium zu erhalten, braucht man nur in kochende Pottaschelösung Bromeisen einzutragen, bis die Lösung neutral reagirt. Dann wird der Eisenniederschlag von dem entstandenen Bromkalium in geeigneter Weise getrennt und die Lösung selbst zur Trockne verdampft, worauf man die hinterbleibende Salzmasse zur Reinigung nochmals umkrystallisirt.

Während in Staßfurt im ersten Jahre der Fabrikation (1865) nur 750 kg Brom dargestellt wurden, betrug die Production zwanzig Jahre später schon 400.000 kg, und seither hat sie sich, wenn wir von geringen Schwankungen absehen, stets auf der gleichen Höhe erhalten. Der Preis des Broms ist in dieser

Digitized by Google

Zeit aber ganz gewaltig zurückgegangen, denn während im Jahre 1865 1 kg noch mit 90 bis 95 Mark bezahlt wurde, kostet heute das Kilogramm Brom nur mehr 3 bis 4 Mark, und im Jahre 1885 wurde es sogar nur mit Mark 2·60 bis 2·80 bezahlt. Mit Rücksicht auf die geringen Mengen, in welchen das Brom in den Endlaugen enthalten ist, ist dies eigentlich ein ganz minimaler Preis, er wird aber erklärlich, wenn wir bedenken, daß diese Endlaugen vollkommen werthlos sind, so daß immer nur ein Theil auf Brom verarbeitet wird und der Rest wie auch die Laugen von der Bromgewinnung in die Elbe fließen, wodurch deren Wasser bis über Magdeburg hinaus einen salzigen Geschmack erhält. Ferner ist das Brom doch nur ein Concurrent des Chlors, das ebenfalls in sehr einfacher Weise gewonnen werden kann.

Das Brom wird in vielen chemischen Industrien als Oxydationsmittel an Stelle des Chlores, dem es vollkommen analog wirkt, angewendet, seitdem aber das flüssige Chlor in den Handel kommt, ist diese Verwendungsart etwas zurückgegangen, da das flüssige Chlor zum mindesten ebenso einfach zu handhaben ist wie das Brom. Ferner dient das Brom zur Darstellung einzelner Theerfarbstoffe, in organischen Laboratorien werden nicht unbedeutende Mengen verbraucht, es bildet das Ausgangsmaterial für alle Bromsalze, und endlich wirkt es, in gleicher Weise wie das Chlor, auch desinficirend. Doch gilt bezüglich dieser Anwendung das Gleiche, was wir über das Chlor als Desinfectionsmittel gesagt haben: es darf nicht in zu geringer Menge angewendet werden, soll ein voller Erfolg erzielt werden. Zur Desinfection von 1 $m^3$ Raum sind mindestens 4 g Bromdampf erforderlich, um daher ein mittelgroßes Zimmer zu desinficiren, wären gegen 200 g Brom erforderlich. Doch ist seine Anwendung als Desinfectionsmittel zum mindesten ebenso unangenehm wie jene des Chlors, so daß man es zu diesem Zwecke wohl nur in Ausnahmsfällen verwenden wird.

Die Bromsalze, besonders das Bromkalium und das Bromnatrium finden als beruhigende Mittel ausgedehnte Anwendung in der Arzneikunde. Früher wurde allgemein das Bromkalium verordnet, seit man jedoch erkannt hat, daß die Kaliumsalze mitunter die Herzthätigkeit in unliebsamer Weise beeinflussen, ist das Natriumsalz an dessen Stelle getreten. Hauptsächlich wird es als Schlafmittel verwendet, doch darf es nur mit Vorsicht gebraucht werden, da sich der Organismus sehr leicht daran gewöhnt und dann regelmäßig und immer größere Dosen beansprucht.

Gleich seinen Geschwistern, dem Chlor und Brom, kommt auch das Jod nicht im freien Zustande in der Natur vor, dagegen begleitet es das Chlor fast stets, das Brom sehr häufig, auch findet es sich in Mineralien, so in Chile und Mexico als Jodblei, Jodsilber und Jodqueckſilber. Auch in manchen der für die Landwirthschaft so überaus wichtigen Phosphorite ist Jod enthalten, und die moderne chemische Industrie wird sich gewiß auch dieser Stoffe zur Gewinnung des Jods bemächtigen. Im Meere konnte das Jod nur vereinzelt nachgewiesen werden, trotzdem muß es aber darin enthalten sein, denn zahlreiche Meerespflanzen

Digitized by Google

enthalten in ihrer Asche namhafte Mengen dieses interessanten Körpers, und bis vor nicht zu langer Zeit bildeten diese Tange die einzige Quelle, aus welcher man Jod gewinnen konnte.

Jod findet sich auch in vielen Mineralwässern, welche zu Heilzwecken dienen, und es ist sogar gelungen, es, wenn auch nur in Spuren, in den meisten Quellen nachzuweisen. Bei der vollständigen Unlöslichkeit des Jodes in Wasser mag das Auftreten des Jodes in Quellen sonderbar erscheinen, doch kommt es eben niemals als freies Jod, sondern immer nur als Jodsalz, am häufigsten als Jodnatrium und Jodmagnesium in solchen Wässern vor.

Das Jod, welches im freien Zustande schwarzgraue, metallisch glänzende Täfelchen bildet, wurde im Jahre 1811 von Courtois entdeckt. Diese Entdeckung verdankte er der Wahrnehmung, daß eiserne Kessel, in welchen er aus der Asche von Meerespflanzen Kaliumsalpeter darstellte, sehr rasch zerstört wurden, er kannte schon die Erscheinung, daß es mit Ammoniak eine explosive Verbindung lieferte, hatte jedoch nicht Gelegenheit, sich mit der näheren Untersuchung dieses Körpers zu befassen.

Das Verdienst, die Natur des Jodes zuerst näher erforscht zu haben, erwarb sich, nebst Davy und Vauquelin in erster Linie Gay-Lussac, er gab dem neuen Elemente den Namen „Jod“ nach der schön blau-violetten Farbe seines Dampfes; mit dem Worte „jodos“ bezeichneten die Griechen die Farbe des Veilchens.

Die Ergebnisse seiner Forschungen legte Gay-Lussac in einer Abhandlung nieder, welche er im Jahre 1814 der französischen Akademie überreichte. Diese Abhandlung ist geschichtlich eine der ersten, und für alle Zeiten eine der besten Monographien eines Elementes und seiner wichtigsten Verbindungen, und als solche hat sie vielen nachfolgenden Abhandlungen zum Vorbilde gedient. In ihr findet sich eine solche Fülle genauer scharfsinniger Beobachtungen und Verwerthung derselben, daß es für den werdenden Forscher kaum eine bildendere und für den fortgeschritteneren kaum eine genußreichere Lectüre giebt, als diese im eigentlichen Sinne classische Arbeit. Der im Gegensatze zu den meisten seiner Zeitgenossen überaus nüchterne Gilbert äußert sich, nachdem er „den ruhigen und sicheren Gang der Forschung, die Kürze und Vollständigkeit der Darstellung, das Genügende und Geistreiche der ganzen Behandlung, bei der nicht leicht ein interessanter physikalischer Gegenstand zur Seite liegen bleibt, über den nicht belehrende Aufschlüsse gegeben werden“, gerühmt hat, in folgender Weise: „Bei der völligen Neuheit der Sache und bei der bewunderungswürdigen Menge der herrlichen Versuche, die Herr Gay-Lussac hier erzählt, ist es, als befinde man sich in einer Feenwelt; und nicht leicht hat irgend eine Zaubergeschichte in den Knabenjahren mich durch das Wundervolle mehr überrascht und angezogen, als jetzt die Bearbeitung der chemischen Geschichte des Jodes und des Außerordentlichen, das dieses Wesen bewirkt.“

Außer dem classischen Beispiele, das diese Untersuchung für alle ähnlichen bot, wohnte ihr aber noch ein weiteres Moment von wesentlicher Bedeutung inne.



Digitized by Google

Durch die Auffindung dieses Elementes und seine Aehnlichkeit mit dem Chlor, und durch die Unmöglichkeit, in demselben Sauerstoff aufzufinden, wurde der bis dahin von Berzelius mit Zähigkeit aufrechtgehaltenen Annahme, das Chlor sei eine sauerstoffhaltige Verbindung, und kein Element, der Boden entzogen, und damit fiel auch die zu jener Zeit als unumstößlich geltende Anschauung, jede Säure müsse Sauerstoff enthalten. Dies ist, wie wir heute wissen, allerdings bei der Schwefelsäure, der Salpetersäure, Borsäure u. a. der Fall, die Chlorwasserstoffsäure und die ihr analog zusammengesetzte Brom-, Jod- und Fluorwasserstoffsäure sind dagegen sauerstofffrei.

Wir erwähnten, daß manche Meerespflanzen, darunter besonders gewisse Arten der Gattung Fucus die Eigenschaft besitzen, das im Meerwasser in sehr geringer Menge vorhandene Jod in ihren Zellen aufzuspeichern. Die Asche dieser Pflanzen diente auch als Ausgangsmaterial für die Darstellung von Jod und Jodverbindungen, heute wird allerdings die weitaus größere Menge aus dem rohen Chilisalpeter, der Caliche, gewonnen.

Die zur Darstellung von Jod dienenden Tange werden am Strande gesammelt, oder mit Hilfe eiserner Rechen vom Meeresgrunde losgerissen, und zunächst an der Sonne getrocknet. Dann bringt man sie in Gruben, in welchen sie verascht werden, diese Asche wird in Schottland Kelp, in der Normandie und der Bretagne Varec oder Varech genannt. Sie enthält neben kohlensaurem Natrium und Kalium schwefelsaures Kalium, Chlornatrium und Chlorkalium, und endlich Jod in Form von Jodnatrium, doch ist dessen Menge immer noch sehr gering, sie beträgt höchstens 1 bis 3% aller vorhandenen Salze.

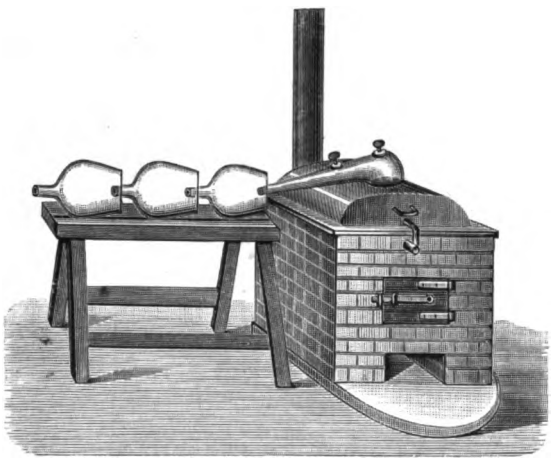
Um nun aus diesem Gemenge mehr oder minder leicht löslicher Salze das Jod zu isoliren, wird die Asche zunächst mit Wasser ausgelaugt, was in systematisch angeordneten Laugegefäßen geschieht, dann werden die verschiedenen, in Lösung gegangenen Salze durch Krystallisation getrennt. Die Jodsalze besitzen die größte Löslichkeit, sie finden sich daher in den letzten Mutterlaugen vor, und werden aus diesen in ganz ähnlicher Weise gewonnen wie das Brom aus den Endlaugen der Carnallitverarbeitung.

Würde man diese Mutterlaugen bloß mit Schwefelsäure destilliren, so würde das Jod in Form von Jodwasserstoff in Freiheit gesetzt werden genau nach dem gleichen Vorgange, nach welchem wir durch Destillation von Chlornatrium mit Schwefelsäure Chlorwasserstoff oder Salzsäure erhalten. Um daher das Jod im elementaren Zustande abzuscheiden, muß ein Sauerstoffüberträger, ein Oxydationsmittel zugesetzt werden, welcher den Wasserstoff des Jodwasserstoffes zu Wasser oxydirt. Zu diesem Zwecke dient der Braunstein, und der Proceß ist also genau der gleiche, wie wir ihn bei der Gewinnung des Chlores kennen gelernt haben.

Die jodnatriumhaltigen Mutterlaugen werden in einen aus Blei verfertigten Destillirapparat gebracht, dessen Helm mit einer Anzahl flaschenförmiger, aus Thon verfertigter Vorlagen verbunden ist. Dann fügt man Schwefelsäure zu den Mutterlaugen, und erhitzt zum mäßigen Sieden. Nun wird in kleinen Mengen

Digitized by Google

Braunstein eingetragen, die Joddämpfe treten nach den Vorlagen über, und verdichten sich hier. Um jedoch ein nur wenig verunreinigtes Jod zu erhalten, ist es nöthig darauf zu achten, daß die Destillation nicht länger fortgesetzt wird, als überhaupt noch Jod in der Retorte vorhanden ist. Man trägt deshalb den Braunstein in kleinen Mengen ein, und nur so lange, als sich die an ihrer charakteristischen violetten Färbung kenntlichen Joddämpfe entwickeln. Um dies beachten zu können, besitzt der Destillirapparat außer der zur Eintragung des Rohmateriales bestimmten Oeffnung noch eine zweite kleinere in dem engen Theile des Helmes, welche durch einen Stöpsel verschlossen ist; von Zeit zu Zeit wird dieser Stöpsel gelüftet, um zu sehen, ob noch violette Dämpfe übertreten. Die Jodsalze werden bei diesem Vorgange zunächst zersetzt, dann erst folgen die Brom- und Chlorverbindungen; das Entweichen von Brom und Chlor will man vermeiden, da Brom und besonders Chlor das Jod verunreinigen würden, letzteres durch die Bildung einer Verbindung, nämlich von Chlorjod.



Apparat zur Gewinnung von Jod.

In den Vorlagen bildet das Jod feste Krusten, welche, nachdem die Vorlagen mehrere Wochen ruhig liegen geblieben sind, ausgebrochen werden. Bei geschickter Leitung der Destillation ist dieses Jod ziemlich rein, um es noch weiter zu reinigen, wird es der Sublimation unterworfen. Dies gilt besonders von jenem Jod, welches nach einem anderen, noch zu besprechenden Verfahren, nämlich auf nassem Wege gewonnen wird.

Die Sublimation ist eigentlich nichts anderes als eine trockene Destillation, wobei man jedoch die Erwärmung nur so weit steigert, daß sich das zu sublimirende Product in Dampf verwandelt. Schon bei gewöhnlicher Temperatur verdampft das Jod langsam, es bedarf also nur einer relativ geringen Temperatursteigerung, um die Sublimation zu veranlassen.

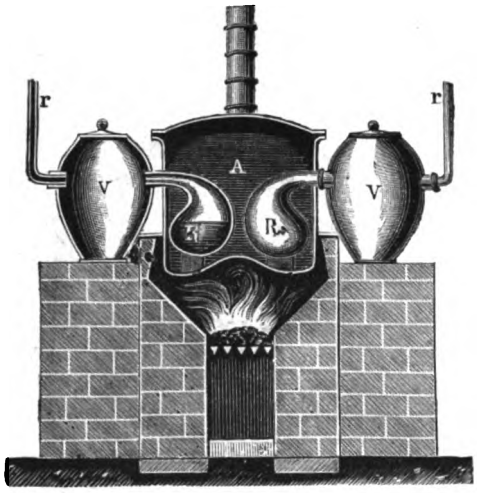
Diese Jodsublimirapparate besitzen die aus der Abbildung Seite 260 ersichtliche Form. In den geschlossenen, mit Sand gefüllten Kasten A sind mehrere, gewöhnlich sechs, Thonretorten R eingesetzt, deren kurze Hälse in die ebenfalls aus Thon verfertigten und durch einen Deckel verschlossenen Vorlagen V münden. Das aus diesen Vorlagen abzweigende Glasrohr r hat nur den Zweck, der sich durch die Erwärmung ausdehnenden Luft den Ausweg zu ermöglichen. Die Sublimation wird bei einer nach Möglichkeit niederen Temperatur durchgeführt, weil



Digitized by Google

nur dadurch schöne und große Krystalle erhalten werden können. Um das Jod von dem ebenfalls in die Vorlagen übergehenden Wasser zu trennen, liegen im geringen Abstande über dem Boden der Vorlagen durchlöcherte Thonscheiben, auf welchen sich das Jod ablagert, während das Wasser sich am Boden ansammelt. An Stelle der Steinzeugretorten wendet man wohl auch große, eiserne Sublimationsgefäße an, welche, so besonders in Chile, mit 400 bis 500 kg Rohjod beschickt werden.

Ein anderes Verfahren zur Gewinnung des Jodes besteht darin, daß man es durch Chlor aus seinen Verbindungen austreibt. Behandelt man nämlich ein Jodsalz, beispielsweise Jodnatrium mit Chlorgas, so entsteht Chlornatrium, während Jod in Freiheit gesetzt wird. Bei diesem Verfahren darf jedoch nicht weniger, aber auch nicht mehr Chlor zur Einwirkung gelangen, als der vorhandenen Jodmenge entspricht, denn sonst würde das überschüssige Chlor das Jod verunreinigen, eine zu geringe Chlormenge dagegen unzersetztes Jod hinterlassen. Dabei scheidet sich das Jod in der mit Chlor behandelten Flüssigkeit ab, es wird schließlich durch Abgießen der überstehenden Lösung gewonnen, mit Wasser gewaschen und endlich auf porösen Platten getrocknet. Solches, auf nassem Wege gewonnenes Jod ist aber stets minder rein, wie das durch Destillation erhaltene, es enthält außer Brom und Chlor als Verunreinigungen auch noch Wasser, und muß zwecks Reinigung unbedingt der Sublimation unterworfen werden.




Vorrichtung zur Sublimation von Jod.

Der Chilisalpeter, dessen Gewinnung und Verarbeitung wir schon kennen gelernt haben, enthält ebenfalls Jod, jedoch nicht, wie der Kelp in Form von Jodnatrium, sondern als jodsaures Salz, als Natriumjodat. Es ist dies die dem Natrium-, beziehungsweise Kaliumchlorat analoge Verbindung. Das jodsaure Natrium sammelt sich in den Mutterlaugen der Salpeterraffination an, das darin enthaltene Jod wird durch Einleiten von schwefliger Säure in Freiheit gesetzt. Dann wird es mit Wasser gewaschen, in großen, aus Gips verfertigte Kasten gebracht, deren poröse Wände den größten Theil der Feuchtigkeit aufnehmen, und endlich durch Sublimation gereinigt.

Auch die Phosphorite, welche zur Darstellung der künstlichen, phosphorsäurehaltigen Düngemittel dienen, und deren Verarbeitung wir noch kennen lernen werden, sind ein jodhaltiges Product, doch wird aus ihnen das Jod augenblicklich

Digitized by Google

noch nicht gewonnen, wobei es allerdings nicht ausgeschlossen ist, daß sie in absehbarer Zeit, bei der steigenden Bedeutung und dem wachsenden Verbrauche an Jod auch zu diesem Zwecke herangezogen werden dürften. Allerdings wird dies nur als Nebenproduct, beziehungsweise Nebennutzung der Darstellung künstlicher Düngemittel der Fall sein, wobei das Jod in Form von Jodwasserstoff entweicht.

Das wichtigste Jodsalz ist das Jodkalium, welches durch Kochen von reiner Kalilauge mit Jod erhalten wird. Wie bei der Einleitung von Chlor in Kalilauge jedoch immer neben chlorsaurem Kalium Chlorkalium sich bildet, welches die Ausbeute wesentlich vermindert, so entsteht hier neben dem gewünschten Jodkalium stets auch jodsaures Salz. Allerdings ist hier die Ausbeute eine weit bessere, denn fünf Sechstel des Jodes werden in Form von Jodkalium gewonnen, und nur ein Sechstel geht in Kaliumjodat über. Aber auch das Kaliumjodat verwandelt sich durch Glühen mit Kohle leicht in Jodkalium, so daß der Proceß weit einfacher durchzuführen ist, wie die im Großen und Ganzen analoge Darstellung von Kaliumchlorat aus Kalilauge und Chlor, wobei neben fünf Sechsteln Chlorkalium nur ein Sechstel Kaliumchlorat entsteht, dessen Gewinnung man beabsichtigt.

Eine andere Art der Darstellung besteht darin, daß man Eisenfeile unter Wasser mit Jod verreibt, es bildet sich dann Eisenjodür, welches sich mit kohlensaurem Kalium in der gleichen Weise umsetzt wie das Bromeisen; in beiden Fällen erhält man Jod-, beziehungsweise Bromkalium in Lösung, welches durch Eindampfen gewonnen und durch Krystallisation gereinigt wird.

Das Jod ist ein Element von höchst interessanten und merkwürdigen Eigenschaften. Daß sein Dampf eine prachtvolle violette Farbe besitzt, haben wir schon erwähnt, auch die Lösungen des Jodes in Schwefelkohlenstoff und Chloroform sind violett und selbst sehr geringe Mengen machen sich noch durch eine zarte Färbung geltend. Noch empfindlicher wie diese Reaction, die zum Nachweise geringer Jodmengen verwendet wird, ist das Verhalten des freien Jodes gegenüber Stärke, mit welcher es eine prachtvoll blaue, selbst in sehr geringen Mengen noch deutlich wahrnehmbare Verbindung bildet.

In Alkohol ist das Jod ziemlich leicht löslich, und diese „Jodtinctur" wird in der Medicin angewendet, um Schwellungen, besonders Vergrößerungen der Drüsen zum Zurückgehen zu bringen. Auch der in manchen Gebirgsgegenden geradezu epidemisch auftretende Kropf ist nichts anderes als eine Entartung der Schilddrüse, und besonders gegen dieses Leiden werden Jodpräparate mit vielem Erfolge angewendet.

Man wußte sich lange Zeit diese Wirkung des Jodes nicht zu deuten, besonders da man der Meinung war, daß es im Organismus nicht vorhanden sei. Dagegen haben manche Beobachtungen doch die Wichtigkeit der regelmäßigen Zufuhr von Jod, wenn auch in ganz verschwindend kleinen Mengen dargethan. So ist das Chamounixthal durch das häufige Auftreten mächtiger Kröpfe bei seinen Bewohnern zu einer traurigen Berühmtheit gekommen, und man hat gefunden, daß die in diesem Thale entspringenden Quellen kein Jod enthalten.

Digitized by Google

Dem Freiburger Arzte Professor Baumann gelang es dann später, den Nachweis zu führen, daß gerade die Schilddrüse, deren Entartung die Entstehung des Kropfes bedingt, Jod enthält, und er konnte aus Schilddrüsen auch einen jodhaltigen Stoff, das Jodothyrin oder Thyrojodin (Thyreoidea ist die wissenschaftliche Bezeichnung für die Schilddrüse) isoliren.

Man hat auch, und zwar mit Erfolg Kröpfe durch operative Eingriffe beseitigt, hat aber dabei die merkwürdige Beobachtung gemacht, daß eine vollständige Entfernung der Schilddrüse fast immer Störungen der geistigen Functionen, mit anderen Worten Verblödung und Cretinismus im Gefolge hatte. Dagegen traten diese Erscheinungen nicht ein, wenn ein geringer Theil der Schilddrüse erhalten blieb. Nun hat aber Professor Baumann den Nachweis erbracht, daß einerseits durch Verabreichung des aus Schilddrüsen von Thieren, gewöhnlich des Hammels erpreßten Saftes oder des daraus gewonnenen Thyrojodins Erkrankungen der Schilddrüse gebessert und geheilt werden, und daß andererseits nach vollständiger Entfernung dieses so überaus wichtigen Organes die geistigen Störungen nicht eintreten, wenn regelmäßig solche Präparate verbraucht werden. Wenn wir auch heute über die Function der Schilddrüse selbst nur sehr wenig wissen, und speciell die Wirkung der geringen Jodmengen, welche sich in der Thyreoidea vorfinden — 1 g enthält rund 0·9 mg — noch durchaus nicht aufgeklärt ist, so gereicht doch diese Entdeckung der leidenden Menschheit zum Segen, und sie hat der medicinischen Wissenschaft neue Bahnen gewiesen, indem man, und zwar mit Erfolg, gegen manche andere Krankheiten und Leiden Extracte der gleichen, von gesunden Thieren stammenden Organe verabreicht.

Ferner findet das Jod auch in der chemischen Industrie zur Darstellung mancher Theerfarben, so von Jodgrün und Jodviolett, Eosin, Cyanin u. s. w. Verwendung; eine überaus wichtige Rolle spielt es jedoch in Gemeinschaft mit dem Brom in der Photographie, und speciell diese beiden Halogene, das Brom und das Jod, sind es, welche die modernen photographischen Processe ermöglichen. Es beansprucht daher wohl das allgemeine Interesse, wenn wir das Wesen des photographischen Verfahrens kurz besprechen.

Gewisse Silbersalze, wie das Chlorsilber und das Bromsilber, verändern sich, dem Lichte ausgesetzt, wobei sie eine Violett- oder Schwarzfärbung erleiden, auch Silbernitrat erfährt eine ähnliche Veränderung.

Diese Beobachtung, welche schon Boyle und Scheele gemacht hatten, benützte Wedgwood im Jahre 1802 zum Copiren von Glasgemälden, indem er diese auf mit einer Lösung von Silbernitrat getränktes Papier legte und Sonnenlicht darauf einwirken ließ. Die direct vom Lichte getroffenen Stellen, also jene, welche den durchsichtigen Stellen des Gemäldes entsprachen, schwärzten sich durch Abscheiden von metallischem Silber, und zwar war diese Schwärzung proportional der Lichtintensität, so daß minder durchsichtige Stellen des Originales in der Copie durch geringere Schwärzung zur Darstellung gelangten. Man erhielt also vom Originale ein Negativ, d. h. ein Bild, auf welchem die hellen Stellen des

Digitized by Google

Originales dunkel, die dunklen hell erschienen. Davy vervollkommnete dieses Verfahren, er stellte Bilder von durchsichtigen oder doch durchscheinenden Objecten, wie von Blättern, Insectenflügeln u. s. w. dar, und es gelang ihm sogar, unter Verwendung des Sonnenmikroskopes vergrößerte Bilder auf diese Weise festzuhalten. Leider besaßen diese Negative aber den Nachtheil, daß sie im Dunkeln aufbewahrt werden mußten; dem Lichte ausgesetzt, schwärzte sich die ganze Fläche, und das Bild verschwand. Man war also nur auf die Betrachtung dieser Bilder bei Kerzenlicht angewiesen, denn man kannte kein Mittel, das unveränderte Silbersalz zu entfernen.

Negativ.

Positiv.

Einen Fortschritt bedeutete schon die 1893 von Daguerre veröffentlichte und nach ihm benannte „Daguerreotypie". Daguerre benützte jedoch nicht mehr das Silbernitrat zur Herstellung der Bilder, sondern Jodsilber, und zwar verfuhr er in folgender Weise. Eine blank polirte Kupferplatte wurde mit einer dünnen, gleichmäßigen Silberschicht überzogen und dann Joddämpfen ausgesetzt. Dadurch entstand auf der Platte ein dünner Ueberzug von Jodsilber, der lichtempfindlich ist. Setzt man eine solche Platte dem Lichte aus, oder belichtet man sie in einer Camera obscura in solcher Weise, daß das Bild eines Gegenstandes auf die Platte fällt, so bemerkt man keine Veränderung der Oberfläche. Wirken aber nun auf die Platte Quecksilberdämpfe ein, so verdichtet sich das Quecksilber in Form unzähliger, feiner Tröpfchen nur an jenen Stellen der Platte, welche vom Lichte getroffen waren, und bildet hier einen Ueberzug. Betrachtete man nun diese Bilder unter einem gewissen Winkel, so warfen die Quecksilbertröpfchen, welche an den

Digitized by Google

dem Originale entsprechenden hellen Stellen des Bildes saßen, das Licht zurück, und man erblickte ein dem Originale gleiches Bild, auf welchem die hellen Stellen des Originales ebenfalls hell erschienen, also ein „Positiv“. Das vom Lichte unverändert gebliebene Jodsilber wurde durch Behandlung mit einer Lösung von unterschwefligsaurem Natrium entfernt, so daß die Bilder dem Lichte ausgesetzt werden konnten, ohne eine Veränderung zu erleiden. Allerdings verschwand das Bild nach einer Reihe von Jahren, da sich das Quecksilber oxydirte.

Weitere Verbesserungen in der Ausführung des photographischen Processes lehrte dann Talbot. Er verwendete ein mit Silbernitratlösung getränktes Papier, welches er mit einer Lösung von Jodkalium behandelte und dadurch die empfindliche Jodsilberschicht erzeugte. Dieses Papier wurde in der Camera, die schon mit einer Linse versehen war, exponirt und dann „entwickelt“, indem er es mit einer Lösung von Silbernitrat und Essigsäure oder Gallussäure übergoß. Dadurch wurde an den belichteten Stellen das Jodsilber zu metallischem Silber reducirt, während das Jodsilber an den unbelichteten Stellen unverändert blieb. An Stellen, welche minder stark belichtet worden waren, schied sich auch eine geringere Silbermenge ab, so daß diese Stellen mehr oder weniger grau erschienen. Das unveränderte Jodsilber wurde schließlich durch Behandlung mit einer Lösung von unterschwefligsaurem Natrium entfernt und dadurch das Bild lichtbeständig gemacht, oder, wie der technische Ausdruck lautet, „fixirt“.

Dadurch erhielt man sehr scharfe negative Bilder, die jedoch ihrerseits wieder zur Gewinnung von Positiven dienen konnten. Zu diesem Zwecke wurden sie mit Wachs getränkt und durchscheinend gemacht, dann legte man sie auf lichtempfindliches Papier und setzte sie der Sonne aus. Auf der Copie erschienen nun die einzelnen Stellen in der gleichen Lichtwirkung wie auf dem Originale, die hellen Stellen hell und die dunklen dunkel, da nun die dunklen Stellen des Negatives den Durchgang des Lichtes verhinderten, und an den ihnen entsprechenden Punkten des Positives das Jodsilber keine Veränderung erlitt. Die Copie wurde dann fixirt, und man war auf diese Weise im Stande, mit Hilfe des Sonnenlichtes eine Anzahl von Bildern eines beliebigen Gegenstandes herzustellen.

Die nächste und weittragendste Verbesserung rührte dann von Archer her, der an Stelle des Papieres eine Glasplatte verwendete, und auf dieser die Silbersalze durch Collodium auftrug. Zu diesem Zwecke wird das Collodium, dessen Bereitung und Eigenschaften wir schon kennen gelernt haben, mit einer Lösung von Chlor-, Brom- und Jodkalium gemischt, und in dünner, gleichmäßiger Schicht auf der Glasplatte ausgebreitet. Der als Lösungsmittel dienende Aether verdampft sehr rasch, und nun wird die Platte in einer Lösung von Silbernitrat gebadet, wobei sich in der Collodiumschicht lichtempfindliche Silbersalze ablagern. Diese werden dann in bekannter Weise in der Camera exponirt, entwickelt, wozu reducirende Verbindungen, wie Eisenvitriollösung, Pyrogallussäure ꝛc. dienen und schließlich mit unterschwefligem Natrium fixirt. Die Negative besaßen große Schärfe und gestatteten dem Lichte an den hellen Stellen den freien Durchtritt, so daß

Digitized by Google

man mit Hilfe solcher Negative beliebig viele und sehr scharfe Positive anfertigen konnte.

Dieses sogenannte „nasse" Verfahren steht heute noch in Verwendung, wenn für die gewöhnlichen Zwecke auch fast allgemein die Trockenplatten benützt werden. Gegenüber den Aufnahmen mit Trockenplatten besitzt es nämlich den Vortheil, daß die Bilder im Allgemeinen weicher ausfallen, man bedient sich daher hauptsächlich dieses Verfahrens, wenn es sich um die Reproduction von Bildern und Kunstwerken überhaupt handelt.

Den größten Aufschwung nahm die Photographie aber erst seit Erfindung der Bromsilbergelatineplatten, durch welche alle Uebelstände des alten, nassen Verfahrens beseitigt werden. Denn während bei der Arbeit nach dem Collodiumverfahren die Platten immer erst unmittelbar vor der Aufnahme fertiggestellt werden müssen, und diese überhaupt nur im nassen Zustande wirksam sind, können die Bromsilberplatten, oder die „Trockenplatten", wie sie gewöhnlich kurz genannt werden, beliebig transportirt und auch lange Zeit aufbewahrt werden, ohne ihre Wirksamkeit zu verlieren. Selbstverständlich muß die Aufbewahrung und der Transport unter strenger Fernhaltung des Lichtes geschehen, da sonst die Platten unwirksam werden. Dagegen sind sowohl die Trockenplatten, wie die nach dem alten Verfahren bereiteten gegen rothes, beziehungsweise gelbes Licht unempfindlich.

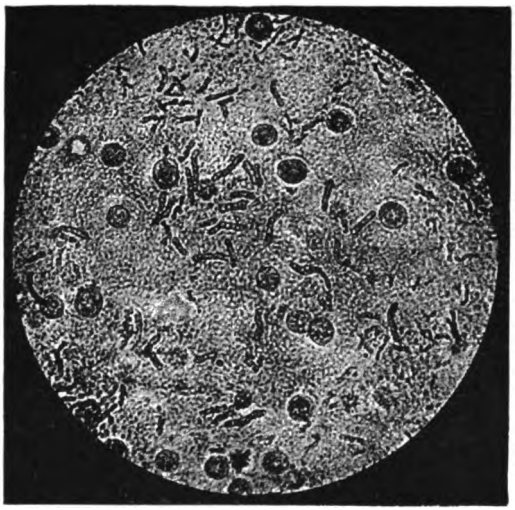
Die Trockenplatten besitzen aber noch einen zweiten Vortheil. Jede photographische Aufnahme erfordert eine gewisse Zeit, während welcher die Platte belichtet wird. Nun läßt sich wohl durch geeignete Zusammensetzung des jodirten Collodiums die „Empfindlichkeit" der Platten bedeutend steigern, doch lange nicht in dem Maße, wie dies bei den Trockenplatten möglich ist. Erst nach deren Erfindung war man in der Lage, „Momentaufnahmen" auszuführen, und nicht nur in Bewegung befindliche Expreßzüge und fliegende Vögel, sondern sogar dem Auge nicht wahrnehmbare Dinge, wie das Geschoß im Fluge, mit vollster Schärfe und Deutlichkeit festzuhalten.

Die Herstellung der Trockenplatten geschieht in der Weise, daß zunächst sehr reiner Leim, die sogenannte „Gelatine" in Wasser, welches Bromkalium gelöst enthält, gelöst wird. Dann wird im Dunklen eine Lösung von Silbernitrat zugefügt, und nun entsteht Bromsilber, während sich das Kalium mit der Salpetersäure zu Kaliumnitrat vereinigt. Das Bromsilber aber befindet sich in der Gelatinelösung in sehr feiner Vertheilung, und wird, wenn die Gelatine erstarrt, in dieser Lage festgehalten. Die Empfindlichkeit dieser „Emulsion" ist allerdings nicht sehr groß, sie wird aber bedeutend gesteigert, wenn man sie einige Zeit kocht oder mit Ammoniak behandelt. Man läßt dann die Emulsion erstarren, zerkleinert sie, und entzieht ihr durch Behandlung mit Wasser die überschüssigen Salze, also unzersetztes Bromkalium oder Silbernitrat und das salpetersaure Kalium, während das Bromsilber keine Veränderung erleidet. Dann wird die Emulsion geschmolzen und auf die sorgfältig gereinigten Glasplatten gegossen. Ist sie erstarrt, so sind die Platten auch schon zur Verwendung, Verpackung und Versendung bereit.

Digitized by Google

Erst durch die Erfindung dieser Trockenplatten, sowie nicht minder durch zahlreiche Verbesserungen an den photographischen Apparaten war die Möglichkeit gegeben, die schöne Kunst des Photographirens Allen zugänglich zu machen. Die letzten Jahre haben denn auch der Photographie als Liebhaberkunst in allen Kreisen Eingang verschafft, und in der That giebt es wohl auch kaum eine schönere, anregendere und abwechslungsreichere Beschäftigung als die Lichtbildnerei, die auch nichts anderes ist als moderne, angewandte Chemie.

Dabei dürfen wir aber nicht übersehen, daß heute die photographische Kunst mehr ist als eine anregende Ausfüllung müßiger Stunden und ein Mittel zur Festhaltung des eigenen lieben Ichs. Heute muß man sie, mit all ihren Feinheiten und abweichenden Verfahren geradezu als Wissenschaft bezeichnen, und zum mindestens ist sie heute ein unentbehrliches Hilfsmittel zahlreicher beschreibender Wissenschaften. Was sonst der geübteste Zeichner doch nur von seinem individuellen Standpunkte aus wiedergeben konnte, hält die photographische Platte vollkommen objectiv fest, sie liefert ein genau der Wirklichkeit entsprechendes Bild, und die leichte Vervielfältigung der photographischen Aufnahme, sei es durch das gewöhnliche Copirverfahren, sei es mit Hilfe der Presse, ermöglicht es, eine einzige Aufnahme in Tausenden ebenso wahren und naturgetreuen Wiedergaben den weitesten Kreisen zu vermitteln. Mikroskopische Bilder vermag man heute auf photographischem Wege ebenso scharf und deutlich wiederzugeben, wie Aufzüge und festliche Veranstaltungen, und es bewahrheitet sich gerade hier der Satz, daß die Sonne alles an den Tag bringt.



(Tuberkelbacillen. Mikrophotographie.)

Geradezu unschätzbare Dienste hat die Photographie aber der Astronomie geleistet, indem man nicht nur den Mond und einzelne Sterne, sondern den ganzen Weltenraum mit Hilfe des photographischen Apparates durchforschte. Und dies führte zur Entdeckung zahlreicher, dem freien, wie dem mit dem stärksten Fernrohre bewaffneten Auge unsichtbarer Weltkörper. Denn wenn unser Auge auch den Lichtstrahl, mit welchem diese fernen Welten unserer Erde von ihrem Dasein Kunde geben, nicht zu empfinden vermag, wenn dieses Licht auch Hunderte und Hunderte Jahre benöthigt, um das Weltall zu durcheilen, auf die photographische Platte vermag es doch einzuwirken, und nach der Entwickelung verräth sich dann der Himmelskörper durch ein zartes helles Pünktchen, oder wenn es ein mit Eigen-

Digitized by Google

bewegung begabter Stern ist, durch einen kurzen, hellen Strich. Und so gestattet uns die Eigenschaft des Brom- und Jodsilbers, sich am Lichte zu verändern, nicht nur die Gegenwart in schärfster Naturtreue festzuhalten, sie ermöglicht uns auch einen Einblick in jene fernen Gebiete des Weltenraumes, aus denen selbst das Licht Jahrhunderte braucht, um als eine für unser Auge nicht mehr wahrnehmbare Schwingung zu uns zu gelangen. — — —

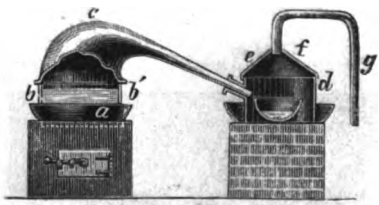
Sternhaufen im Fuhrmann. (Photographie von Isaac Roberts.)

Das vierte Glied in der nützlichen Familie der Halogene ist das **Fluor**. Während aber Chlor, Brom und Jod als solche schon bald nach ihrer Entdeckung im reinen Zustande dargestellt werden konnten, gelang es erst, obwohl die Fluorwasserstoff- oder Flußsäure schon im Jahre 1670 durch **Schwankhardt** beobachtet und 1771 durch Scheele näher beschrieben wurde, dem französischen Chemiker **Moissan** im Jahre 1886, das Fluor selbst abzuscheiden. Dieses Element greift mit Ausnahme von Gold und Platin alle anderen Stoffe an, indem es sich mit diesen verbindet, und es übertrifft daher in der Fähigkeit, Verbindungen einzugehen, seinen nächsten Verwandten, das Chlor, noch um ein bedeutendes. **Moissan** gelang es aber, durch Elektrolyse concentrirter, wässeriger Flußsäure, welche stark abgekühlt worden war, in Platingefäßen freies Fluor darzustellen, er beschreibt es als ein chlorähnliches, gelbgrün gefärbtes Gas, dessen Farbe jedoch etwa gelber ist wie die des Chlors. Auch der Geruch gleicht dem des Chlors, es greift die Augen und die Athmungsorgane stark an, und mit Wasser in Berührung gebracht, bildet es schon bei gewöhnlicher Temperatur Flußsäure und freien Sauerstoff. Es wirkt also in der gleichen Weise zersetzend auf das Wasser ein, wie wir dies beim Chlor kennen gelernt haben, nur mit dem Unterschiede, daß dieser Vorgang sich augenblicklich abspielt, während eine Lösung

Digitized by Google

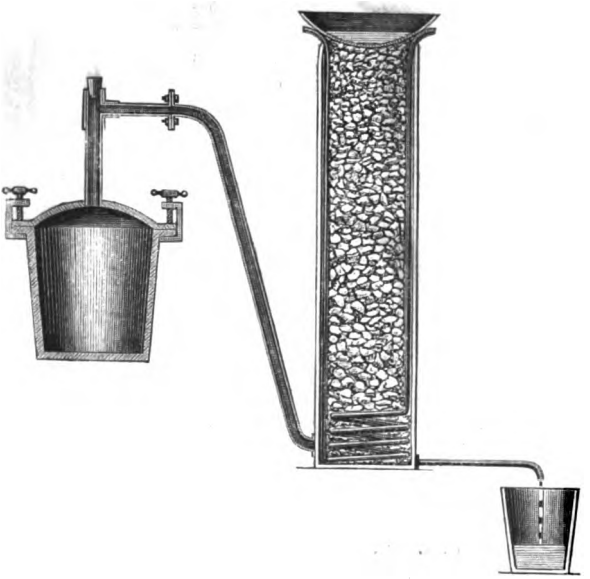
von Chlor in Wasser wenigstens einige Tage, im Dunkeln aufbewahrt sogar längere Zeit, die Eigenschaften des Chlors behält.

In der Natur ist das Fluor ziemlich verbreitet. So besteht ein durch seine hübschen Färbungen und wohlausgebildeten regelmäßigen Krystalle bekanntes Mineral, der Flußspath, aus Fluorcalcium, der jetzt als Rohmaterial für die Darstellung des Aluminiums dienende Kryolith ist Natrium-Aluminiumfluorid, die meisten Mineralphosphate enthalten geringe Mengen Fluor, und auch im Organismus des Menschen läßt sich, besonders im Zahnschmelz, Fluor nachweisen.



Apparat zur Darstellung von Flußsäure.

Vom technischen Standpunkte hat das Fluor gar keine Bedeutung, dagegen finden die Flußsäure und gewisse Fluoride, das sind Salze des Fluors, zu verschiedenen Zwecken ausgedehnte Verwendung. Die Darstellung der Flußsäure geschieht in ganz analoger Weise wie jene der Salzsäure: Flußspath wird durch Schwefelsäure zerlegt, wobei sich schwefelsaurer Kalk bildet und die gasförmige Flußsäure entweicht. Diese löst sich sehr leicht in Wasser, wobei die wässerige Flußsäure des Handels entsteht. Zu ihrer Darstellung dient der obenstehend abgebildete Apparat.


Hampel's Apparat zur Darstellung von Flußsäure.

In die Bleiretorte a, auf welche bei bb' ein Bleihelm aufgekittet ist, bringt man Flußspath oder Kryolith nebst concentrirter Schwefelsäure und erhitzt. Der Helm c der Retorte mündet in die ebenfalls aus Blei verfertigte Vorlage ef, welche in einer Bleischale d steht; das Rohr g gestattet das Entweichen der Luft. In der Vorlage wird eine mit Wasser gefüllte Platinschale derart aufgestellt, daß aus der Retorte keine Flüssigkeit hineintropfen kann, die überströmende gasförmige Flußsäure löst sich in dem Wasser sehr leicht und rasch auf.

Zur fabriksmäßigen Darstellung der Flußsäure, welche auch zur Bereitung der Fluorsalze (Fluorkalium, Fluorammonium und saures Natrium- und Kaliumfluorid) dient, verwendet man gewöhnlich den Hampel'schen Apparat. Er besteht

Digitized by Google

aus einer gußeisernen Retorte, in welcher das Rohmaterial eingetragen wird, und welche durch ein Eisenrohr mit der Condensationsvorrichtung in Verbindung steht. Diese ist aus Blei verfertigt, mit Holzkohlenstückchen gefüllt, und trägt oben eine siebförmig durchlochte, mit Wasser gefüllte Schale, aus welcher Wasser über die Kohlestückchen rieselt. Im unteren Theile der Condensationsvorrichtung liegt eine bleierne Kühlschlange, durch welche kaltes Wasser fließt, und an welcher sich die eintretenden Fluorwasserstoffdämpfe abkühlen. Das Gas löst sich sofort in dem herabrieselnden Wasser, und durch ein am tiefsten Punkte angebrachtes Rohr fließt unausgesetzt wässerige Fluorwasserstoffsäure ab.

Wohl die wichtigste Anwendung findet die Flußsäure zum Aetzen des Glases. Wir werden auf dieses Verfahren noch bei der Schilderung der Glasfabrikation zu sprechen kommen, hier sei nur erwähnt, daß das Glas nichts anderes ist als eine bei Schmelzhitze hergestellte Mischung der kieselsauren Salze des Calciums, Natriums, Kaliums und mitunter auch des Bleies. Die Flußsäure wandelt nun sowohl die Kieselsäure, wie auch Calcium, Natrium und Kalium in gasförmige, beziehungsweise leicht lösliche Fluorverbindungen um, wodurch an der betreffenden Stelle ein Verlust an Glassubstanz stattfindet. Indem man nun die in das Glas einzuätzende Zeichnung in eine das Glas überziehende Wachsschicht eingräbt, werden nur diese Partien von der Flußsäure getroffen, und je nach der Dauer der Einwirkung wird die Zeichnung mehr oder weniger vertieft erscheinen.

Die Kunst der Glasätzerei hat heute einen hohen Grad der Vollkommenheit erreicht, man versteht es, durch rechtzeitiges Abdecken schon geätzter Partien Aetzungen von verschiedener Stärke zu erzielen, außerdem benützt man auch das verschiedene Verhalten der wässerigen und der gasförmigen Flußsäure. Denn während die gasförmige Flußsäure die geätzten Stellen wohl vertieft, aber sonst klar und durchsichtig erscheinen läßt, werden durch wässerige Säure matte Aetzstellen erhalten, und durch combinirte Anwendung dieser verschiedenen Verfahren können die schönsten, und geradezu künstlerische Effecte erzielt werden.

In jüngster Zeit hat man auch, und zwar mit Erfolg versucht, die Flußsäure als Conservirungsmittel zu verwenden, doch stehen dieser Anwendung von gesundheitlichem Standpunkte so schwerwiegende Bedenken gegenüber, daß man Fluorpräparate zu Conservirungszwecken als nicht zulässig erklärt hat. Dagegen spielt sie heute in der Spiritusfabrikation eine ausgedehnte Rolle, und das Effront'sche Verfahren, bei welchem der gährenden Maische zur Erzielung reiner Gährungen und Unterdrückung von Nebengährungen — ein Verfahren, welches wir ebenfalls noch zu besprechen haben werden — Flußsäure zugegeben wird, findet schon in sehr vielen Brennereien Anwendung.

Wir sehen also, daß die vier Elemente Chlor, Brom, Jod und Fluor, trotz ihrer verschiedenen, sehr unangenehmen Eigenschaften — Flußsäure erzeugt u. a. auf die Haut gebracht auch sehr schmerzhafte und schwer heilende Wunden — doch sehr nützliche und brauchbare Substanzen sind. Ihre Entdeckung ist das Verdienst von Chemikern, desgleichen ihre Anwendung. Aber nicht nur in der

Digitized by Google

chemischen Industrie spielen sie eine große Rolle, auch in der Heilkunde haben sie eine große Bedeutung erlangt, das Verhalten mancher ihrer Verbindungen gegenüber dem Lichte ermöglichte eine der schönsten Erfindungen des Jahrhundertes, die Photographie. Wenn sie sich daher auch auf der einen Seite durch ihre unangenehmen Eigenschaften unliebsam bemerkbar zu machen vermögen, so wiegen sie dies doch durch ihr sonstiges Verhalten auf, und angesichts ihres Nutzens und ihrer Brauchbarkeit kann man schon einige minder erfreuliche Charaktereigenthümlichkeiten mit in den Kauf nehmen!

Digitized by Google

# Die Cyanverbindungen.

Ein in seinen Eigenschaften den Halogenen sehr nahe verwandter Körper ist das Cyan, eine Verbindung, welche aus den Elementen Kohlenstoff und Stickstoff besteht. In mancher Beziehung verhält sich jedoch diese Verbindung wie ein Element, und gerade dadurch tritt ihre Aehnlichkeit mit den Halogenen hervor. Sie bildet wie diese mit Wasserstoff eine Säure, die Cyanwasserstoff- oder Blausäure, sie bildet mit den Alkalienmetallen Salze, wie das Cyankalium und Cyannatrium, und endlich bildet sie auch wie die Halogene in Wasser unlösliche Silbersalze. Solche Verbindungen aber, welche sich ähnlich wie ein Element verhalten, und, ohne ihre Beschaffenheit irgendwie zu ändern, Verbindungen eingehen, bezeichnet der Chemiker als „Radicale", und das Cyan ist ein typischer Repräsentant derselben.

Die Verbindungen des Cyans sind in mehr als einer Beziehung hoch interessante und auch zum Theile für die Technik sehr wichtige Körper. Einzelne derselben, wie das gelbe und das rothe Blutlaugensalz liefern unter gewissen Bedingungen prächtige blaue Farbstoffe, das Cyankalium dient zur Vergoldung und Versilberung auf galvanischem Wege, und wird in jüngster Zeit auch in großen Mengen zur Gewinnung des Goldes benützt, das Rhodanqueckſilber, welches die Eigenschaft besitzt, angezündet unter starker Aufblähung zu verbrennen, und viele der zur großen Gruppe der Cyanverbindungen gehörigen Körper sind endlich furchtbare Gifte, deren Wirkung wohl kaum durch einen anderen Giftstoff übertroffen wird.

Man sollte nun meinen, daß die Cyanverbindungen sehr leicht herzustellen sind, da ja doch Kohlenstoff und Stickstoff in unmeßbaren Mengen auf der Erde sich vorfinden. Doch ist es leider nicht möglich, das Cyan, wie es viele kühne Erfinder geträumt haben, direct aus den Elementen Kohlenstoff und Stickstoff

Digitized by Google

darzustellen, denn der Stickstoff ist ein viel zu träges Element, welches sich nur auf Umwegen mit dem Kohlenstoffe verbinden läßt. Dieser Umweg besteht aber in der Darstellung von gelbem Blutlaugensalz, und ehe wir uns den anderen Cyanverbindungen zuwenden, wollen wir uns zunächst mit der Darstellung dieses interessanten Körpers vertraut machen.

Die Rohmaterialien für die Darstellung des gelben Blutlaugensalzes sind Potasche (kohlensaures Kalium), stickstoffhaltige thierische Abfälle, wie Blut, Leder, Hornspäne, Wolle u. s. f., und endlich Eisen, denn das gelbe Blutlaugensalz oder Ferrocyankalium ist eine sehr complicirte Verbindung, welche außer Stickstoff, Kohlenstoff und Kalium auch noch Eisen enthält. Zunächst wird die Potasche geschmolzen und in die flüssige Masse das Rohmaterial eingetragen, nach Beendigung der Schmelzoperation wird die erkaltete Masse mit Wasser ausgelaugt und die Lösung durch Krystallisation weiter gereinigt. Das fertige Product bildet schön ausgebildete, prachtvoll gelb gefärbte Krystalle, welche sehr oft von Kaufleuten und Droguisten zum Schmucke ihrer Schaufenster verwendet werden.

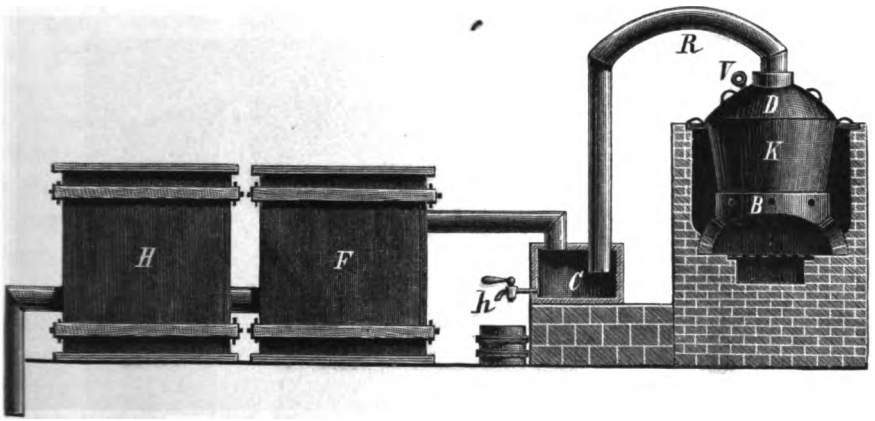
Nach dieser kurzen Beschreibung wäre die Darstellung des Ferrocyankaliums ein höchst einfacher Proceß, leider ist dies jedoch durchaus nicht der Fall. Vielmehr gehört die Bereitung des gelben Blutlaugensalzes zu den schwierigsten Operationen der Fabriksindustrie, und dies vornehmlich aus dem Grunde, da wohl bei keinem anderen Verfahren mit so bedeutenden Verlusten gearbeitet wird wie hier, und die vollste Aufmerksamkeit darauf gerichtet werden muß, diese Verluste, welche in erster Linie den Stickstoff der organischen Substanzen betreffen, nach Möglichkeit zu verringern.

Sobald nämlich die erwähnten stickstoffhaltigen Rohstoffe in die geschmolzene Potasche eingetragen werden, werden sie verkohlt, und dabei entweicht ein großer Theil des in ihnen enthaltenen Stickstoffes in Form von Ammoniak, noch ehe er Gelegenheit fand, sich mit dem gleichzeitig ausgeschiedenen Kohlenstoffe zu Cyan zu verbinden. Nun ist aber der Stickstoff in einer für die Fabrikation verwendbaren Form ein sehr theurer Körper, und es ist begreiflich, daß man nach Abhilfe sann, wenigstens einen Theil dieses Stickstoffes nutzbar zu machen. Man suchte dies anfänglich dadurch zu erreichen, daß man den Schmelzöfen, deren Einrichtung wir gleich kennen lernen werden, eine besondere Form ertheilte, die es ermöglichen sollte, einen Theil der entweichenden Gase aufzufangen und auf andere Weise zu verwerthen. So schön sich auch dieses Verfahren auf dem Papiere ausnahm, in der Praxis bewährte es sich nicht, und vermochte nicht festen Fuß zu fassen.

Dagegen hat man, und nicht ohne Erfolg, versucht, den bei der Erzeugung des gelben Blutlaugensalzes verloren gehenden Stickstoff in anderer Weise zu verwerthen, und zwar dadurch, daß man die Rohmaterialien zunächst der trockenen Destillation unterwarf, wobei einerseits kohlensaures Ammon (das Hirschhornsalz, da es früher durch trockene Destillation von Hirschgeweihen dargestellt wurde) und Ammoniak, andererseits eine stickstoffhaltige Kohle gewonnen wurde, bei deren Verarbeitung sich geringere Stickstoffverluste ergaben.

Digitized by Google

Zur Ausführung der Verkohlung dienen entweder thönerne Retorten, oder aber eigene Apparate, deren Einrichtung durch die untenstehende Abbildung veranschaulicht wird. Die zu verkohlenden Rohmaterialien werden in den Kessel K eingetragen, welcher durch das Blechrohr R mit dem Gefässe C, in welchem sich die bei gewöhnlicher Temperatur flüssigen Destillationsproducte verdichten, und den Kammern F und H, in welchen sich das kohlensaure Ammon ansetzt, in Verbindung steht. Der Kessel selbst besteht aus drei Theilen, dem Boden B, dem Mantel K und dem Deckel D, es hat dies den Zweck, den Boden des Kessels, welcher sehr rasch schadhaft wird, ohne Mühe auswechseln zu können. Die durch einen Metallbolzen verschlossene Oeffnung V wird von Zeit zu Zeit geöffnet, sobald dann keine Dämpfe mehr entweichen, ist dies das Zeichen, daß die Destillation beendet ist. Die sich in C ansammelnde wässerige Flüssigkeit, welche hauptsächlich aus Ammoniak und Theer besteht, kann durch Oeffnen des Hahnes h abgelassen werden.




Apparat zur Verkohlung stickstoffhaltiger Rohstoffe.

Die Verwendung von Kohle an Stelle der Rohstoffe hat den unleugbaren Vortheil, daß die geschmolzene Potasche keine so starke Abkühlung erfährt, wie wenn die unverkohlte Substanz eingetragen wird, denn dann wird jene Wärmemenge erspart, welche sonst zur Verkohlung nöthig wäre. Dadurch wird aber auch die Dauer einer Schmelzoperation abgekürzt und es sind, wie erwähnt, die Verluste an Stickstoff geringer. Dagegen wird aber die Schmelze strengflüssiger und ist schwerer durchzuarbeiten, endlich soll die überhaupt schon sehr geringe Ausbeute bei ausschließlicher Verarbeitung von Kohle noch weiter herabgedrückt werden. Diese Umstände haben viele Fabrikanten veranlaßt, entweder trotz der Verluste nur unverkohltes, jedoch gut getrocknetes Rohmaterial zu verarbeiten, oder doch bei jeder Charge neben Thierkohle auch unverkohlte Substanz zu verwenden.

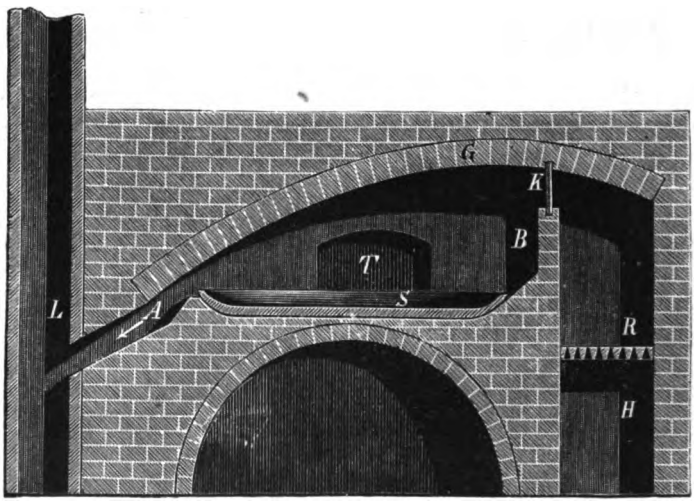
Die Schmelzoperation wird in Flammöfen vorgenommen. Die Züge müssen in solcher Weise angebracht sein, daß die geschmolzene Masse nur von den Verbrennungsproducten, nicht aber auch von frischer Luft getroffen wird, da dadurch



Digitized by Google

einerseits eine Abkühlung, andererseits aber auch Verluste bedingt würden, denn bei Gegenwart von Sauerstoff entsteht nicht zunächst Cyankalium, sondern eine sauerstoffhaltige Verbindung von ganz anderen Eigenschaften, das cyansaure Kalium. Man trennt deshalb den Feuerraum vom Schmelzraume durch eine bis nahe an das Gewölbe reichende Mauer, die „Brücke", und ertheilt dem Feuerraume selbst eine hohe und schmale Form. Dadurch wird die Luft gezwungen, eine hohe Schicht glühendes Brennmaterial zu durchstreichen, wobei ihr aller, oder doch der weitaus größte Theil des Sauerstoffes entzogen wird.

Die geschmolzene Potasche würde gemauerte Herde sehr rasch zerstören und sich einen Weg ins Freie bahnen. Um dies zu vermeiden, nimmt man daher die Schmelzoperation in flachen, gußeisernen Schalen vor, welche der Sohle des




Ofen zur Darstellung von gelbem Blutlaugensalz.

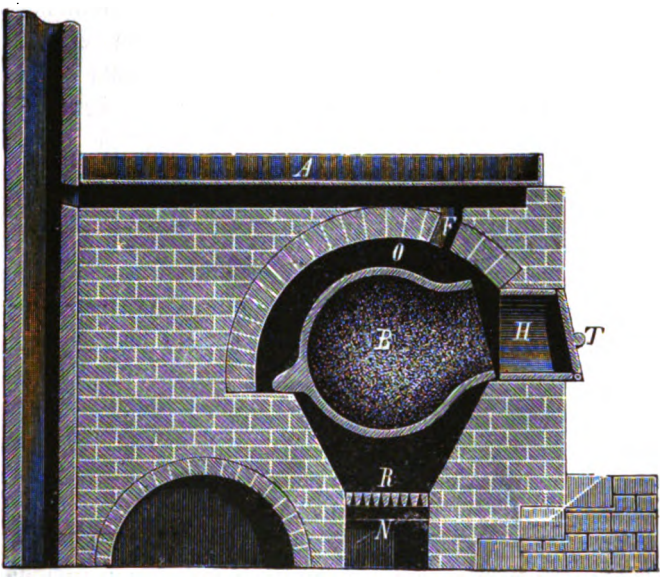
Herdes eingefügt sind. Da aber auch das Eisen stark angegriffen wird, und Eisen bei dem Processe zugegen sein muß, und da ferner auch das Eintragen von Eisen in die Schmelze nur einen theilweisen Schutz gewährt, so verwendet man Schalen, deren Boden circa 20, deren Wände etwa 10 cm dick sind. Endlich wird natürlich auch eine solche Schale unbrauchbar, und da das Auswechseln stets Zeit erfordert, hat jede Blutlaugensalzfabrik einen oder mehrere Reserveöfen vorräthig.

Die Einrichtung dieser Oefen veranschaulicht die obenstehende Abbildung. Sie besteht aus dem Feuerungsraume R mit dem Aschenfalle H und dem Schmelzraume T, welche von dem Gewölbe G überspannt werden. Das Brennmaterial liegt auf dem Roste R, die Flammen schlagen über die Brücke B, über welcher sich der Schieber K befindet, über die Pfanne S, und ziehen dann durch den Fuchs A nach dem Schornsteine L ab. Bevor die heißen Verbrennungsgase jedoch in diesen eintreten, werden sie noch zum Abdampfen von Lösungen verwendet,

Digitized by Google

um die in ihnen enthaltene Wärme nutzbar zu machen. Das Rohmaterial wird durch die Thür T eingetragen.

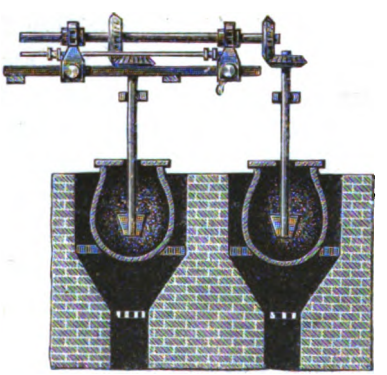
Die Schmelzung wird in der Weise durchgeführt, daß zunächst die Schale mit Potasche beschickt, und diese geschmolzen wird. Dann trägt man nach und nach die organischen Substanzen ein und sorgt dafür, daß diese sofort ganz in der geschmolzenen Masse untergetaucht werden. Dabei entwickelt sich Kohlenoxydgas, welches sich an der Oberfläche der Schmelze entzündet und mit blauer Flamme verbrennt; die Masse schäumt zunächst sehr




Schmelzofen mit schräge liegenden Kesseln.

stark, beruhigt sich jedoch immer mehr und mehr. Ist endlich alles Rohmaterial eingetragen, so wird noch kurze Zeit weiter gefeuert, bis die Masse eine breiige Beschaffenheit annimmt, worauf sie in eiserne Kasten ausgeschöpft und in diesen erstarren gelassen wird.

Ein die Ausbeute und überhaupt das Gelingen der Schmelzung wesentlich beeinflußendes Moment ist das gründliche Durchmischen der Masse, und dies stellt an die Kräfte der Arbeiter große Anforderungen. Man hat daher früher auch versucht, das Rühren durch mechanische Vorrichtungen zu besorgen, ohne jedoch dadurch besondere Vortheile zu erlangen.



Schmelzgefäße mit Rührvorrichtungen.

Früher verwendete man nämlich an Stelle der heute allgemein eingeführten flachen Schalen gußeiserne Birnen B, welche in schräger Lage in den Ofen eingesetzt waren, wie es unsere Abbildung veranschaulicht. Der Feuerraum R mit dem Aschenfalle N befand sich unmittelbar unter der Birne, die Feuerungsgase entwichen durch die das Gewölbe O durchsetzende Oeffnung F, zogen unter der Abdampfpfanne A hinweg



Digitized by Google

und traten dann in den Schornstein ein. Die Rohmaterialien wurden durch die von der Thür T verschlossene Oeffnung H eingetragen.

Von diesen schräge liegenden Birnen war nun nur mehr ein Schritt zu der seinerzeit in England gebräuchlichen Form der Schmelzgefäße, die durch einen Deckel verschlossen und mit einer Rührvorrichtung ausgestattet waren. Heute verwendet man jedoch allgemein die flachen gußeisernen Schalen, und besorgt das Umkrücken durch Handarbeit; um wenigstens diese schwierige Arbeit zu erleichtern, werden die langen, schweren Rührer und Schöpflöffel an Ketten an der Decke aufgehangen, so daß sie der Arbeiter nur zu dirigiren, nicht aber zu heben braucht.

Wir wollen nun sehen, in welcher Weise die fertige Schmelze nach dem Erkalten weiter behandelt wird. Sie bildet eine harte, spröde Masse von dunkler, etwas ins Grüne spielender Färbung, das merkwürdigste an ihr ist aber wohl, daß sie kein Blutlaugensalz enthält, obwohl doch die ganze Fabrikation auf seine Darstellung gerichtet ist. Dagegen enthält sie Cyankalium neben unverändert gebliebener Potasche, dann Schwefelkalium, Verbindungen von Kalium und Natrium mit Kieselsäure, endlich Kohle und Eisen in sehr feiner Vertheilung.

Wie wir nämlich später sehen werden, kann Blutlaugensalz bei höherer Temperatur nicht bestehen, vielmehr zerfällt es in Cyankalium, Eisen und etwas Kohle, und auf diese, oder doch eine ähnliche Weise wird aus dem gelben Blutlaugensalze Cyankalium dargestellt. Deshalb kann auch in der Schmelze Ferrocyankalium als solches nicht enthalten sein, dagegen entsteht es, wenn man die Schmelze mit Wasser behandelt. Dann gehen die Salze, darunter auch das Cyankalium, in Lösung, und dieses setzt sich mit dem metallischen Eisen und vorhandenen Eisenverbindungen zu gelbem Blutlaugensalze um, welches durch Krystallisation gewonnen und gereinigt wird.

Durch das systematische Auslaugen der vorher zerkleinerten Schmelze, das in Kästen, die mit einem falschen Boden versehen sind, vorgenommen wird, trennt man sie in den löslichen und den unlöslichen Theil. Die Lösung, „Blutlauge" genannt, enthält Ferrocyankalium, Potasche, Schwefelkalium u. s. f., der unlösliche Rückstand, der mehreremale mit Wasser gewaschen wird — das Waschwasser wird zum Auslaugen neuer Schmelze verwendet — besteht aus unlöslichen Stoffen, und enthält Kohle, metallisches Eisen, geringe Mengen von Kaliumverbindungen u. dgl. Früher wußte man damit nichts anderes anzufangen, als ihn als sehr billiges und minderwerthiges Düngemittel zu verwenden, heute hat man jedoch seinen Werth, der auf dem Gehalte an fein vertheilter Kohle beruht, kennen und schätzen gelernt. Fein vertheilte Kohle, besonders solche, welche durch Verkohlung organischer Substanzen entsteht, besitzt nämlich die Eigenschaft, Lösungen Farbstoffe zu entziehen und festzuhalten. Diese Eigenschaft besitzt nun auch die Schwärze, und besonders eignet sie sich, um Ceresin — einen festen Kohlenwasserstoff von wachsähnlicher Beschaffenheit, weshalb er auch als „Erdwachs" bezeichnet wird — zu entfärben. Sie hat daher heute, wie so manches andere, ursprünglich als werthlos betrachtete Nebenproduct chemischer Industrien, eine nicht zu verkennende

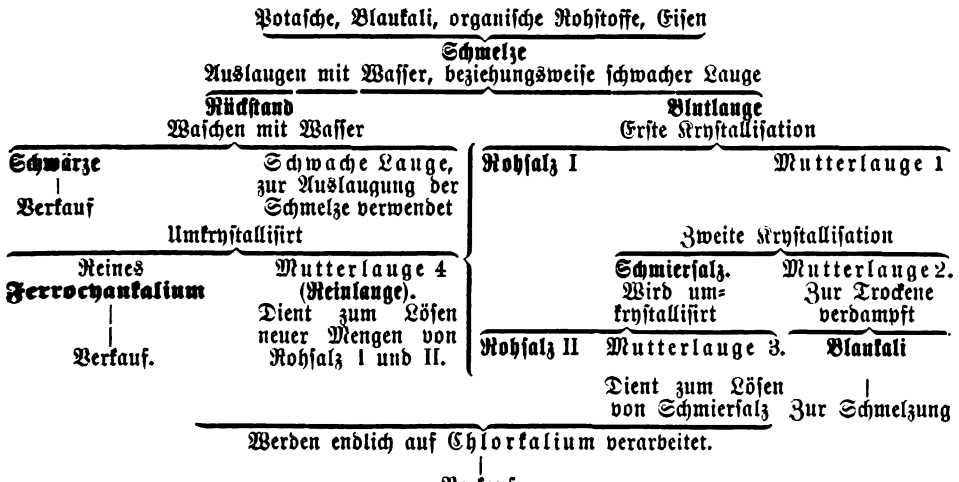
Digitized by Google

Bedeutung erlangt, die besonders darin zum Ausdrucke kommt, daß die Schwärze eine nicht unbedeutende Rolle bei Ertragsberechnungen von Blutlaugensalzfabriken und in den Bilanzen solcher Unternehmungen spielt.

Um für die genannten Zwecke geeignet zu sein, muß die Schwärze vorher noch eine weitere Behandlung erfahren. Diese besteht zunächst in mehrmonatlichem Lagern an der Luft, wodurch das Schwefeleisen zu schwefelsaurem Eisen oxydirt, und gleichzeitig die Bildung von Kaliumsulfat bedingt wird. Dann wird die Masse in eine Filterpresse, deren Einrichtung wir noch kennen lernen werden, gebracht, und hier mit Wasser von allen löslichen Bestandtheilen befreit, so daß der Hauptsache nach nur sehr fein vertheilte Kohle hinterbleibt. Diese wird auf einem Kollergange in ein zartes Pulver verwandelt, welches dann als „Entfärbungspulver" in den Handel gebracht wird.

Die Blutlauge, welche man durch Behandlung der Schmelze mit heißem Wasser erhält, wird nun eingedampft und krystallisiren gelassen. Die erste Krystallisation liefert jedoch nur ein sehr unscheinbares Product, das Rohsalz I, welches zusammen mit dem Rohsalz II umkrystallisirt wird, und endlich reines Ferrocyankalium liefert. Die Mutterlauge von der ersten Krystallisation der Blutlauge wird abermals krystallisiren gelassen, und liefert das Schmiersalz, welches nach dem Umkrystallisiren das erwähnte Rohsalz II und Mutterlauge liefert, welche wieder zum Lösen des Schmiersalzes dient. Die Mutterlauge der zweiten Krystallisation endlich wird zur Trockene verdampft, und liefert eine sehr unreine Potasche, das „Blaukali", welches wieder in den Schmelzofen wandert. Die Endlaugen werden schließlich auf Chlorkalium verarbeitet.

Wir haben also auch hier ein gleich systematisches Verfahren vor uns, wie wir es bei der Verarbeitung des Carnallits kennen gelernt haben. Zur besseren Uebersicht über die einzelnen Vorgänge und das Ineinandergreifen des Processes diene das folgende Schema.




Digitized by Google

In neuerer Zeit hat ein anderes Verfahren der Darstellung von gelbem Blutlaugensalz große Bedeutung gewonnen, es ist dies die Verarbeitung der Gasreinigungsmasse. Wie wir wissen, sammeln sich in dieser neben Schwefel und anderen Körpern auch Cyanverbindungen an, und zwar das aus dem Ferrocyankalium in Berührung mit Eisenoxydsalzen entstehende Berlinerblau, hauptsächlich aber eigenthümliche, in Wasser unlösliche Doppelverbindungen von Cyan, Eisen und Ammon. Man behandelt nun die Gasreinigungsmasse mit Kalkmilch und erhält eine Lösung von Ferrocyancalcium, aus welcher durch Ansäuern Berlinerblau ausgefällt wird. Kocht man dieses mit einer Potaschelösung, so erhält man eine Lösung von gelbem Blutlaugensalz, welches gewonnen und durch Krystallisation gereinigt wird. Gewöhnlich wird aber an Stelle der Potasche Soda verwendet, und man erhält dann Ferrocyannatrium, welches ein Handelsproduct bildet, denn trotz der großen Aehnlichkeit zwischen Potasche und Soda kann diese das kohlensaure Kalium doch nicht bei dem Schmelzprocesse ersetzen, so wünschenswerth dies auch mit Rücksicht auf den hohen Preis der Kaliumverbindungen wäre.

Die Ueberführung des Blutlaugensalzes in Berlinerblau läßt sich jedoch umgehen, wenn man die Lösung von Ferrocyancalcium direct mit einer Lösung von Chlorkalium versetzt, dann scheidet sich eine sehr reine Doppelverbindung aus, das Ferrocyancalciumkalium, welches mit Potaschelösung gekocht, neben unlöslichem kohlensauren Kalk eine sehr reine Lösung von gelbem Blutlaugensalz liefert. Dieses Verfahren ermöglicht nicht nur eine bessere Ausbeute, sondern es ist auch billiger als das ersterwähnte alte, da hier die theure Potasche theilweise durch das billigere Chlorkalium ersetzt wird.

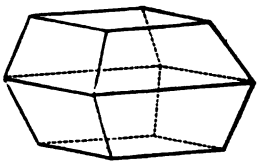
Durch diese Art der Verwerthung der gebrauchten Gasreinigungsmassen wird aber ein großer Theil jenes Stickstoffvorrathes gewonnen und der Technik neuerdings nutzbar gemacht, der unzählige Jahrtausende in der Steinkohle geschlummert hatte, und nun aufs neue seinen Kreislauf antritt. Es ist dies ein schönes Beispiel, wie die moderne Chemie alle Nebenproducte auszunützen weiß.

Das gelbe Blutlaugensalz krystallisirt in großen, schön ausgebildeten Krystallen, welche säuerlich-salzig und etwas bitter schmecken; es ist nicht giftig. In der Technik dient es hauptsächlich zur Gewinnung von Cyankalium, dann zur Darstellung von Berlinerblau, in der Zeugdruckerei, zum Copiren von Zeichnungen nach dem „Blaudruckverfahren“ und endlich findet es, wenn auch nur in beschränktem Maße, in der Industrie der Sprengstoffe Verwendung, da es beim Erhitzen mit Nitraten oder Chloraten heftig detonirt.

Wird gelbes Blutlaugensalz mit Oxydationsmitteln, wie Chlor oder Brom behandelt, so geht es in rothes Blutlaugensalz (Ferricyankalium) über. Das Verfahren ist sehr einfach, man braucht nur in eine wässerige Lösung von Ferrocyankalium Chlor einzuleiten, und nach erfolgter Umsetzung die Lösung wieder zur Krystallisation zu bringen. Dabei ist es jedoch wichtig, daß das Einleiten des Chlors nicht länger fortgesetzt wird, als bis eben die Umwandlung beendet ist, denn sonst wird durch das Chlor auch das Ferricyankalium weiter zersetzt. Um

Digitized by Google

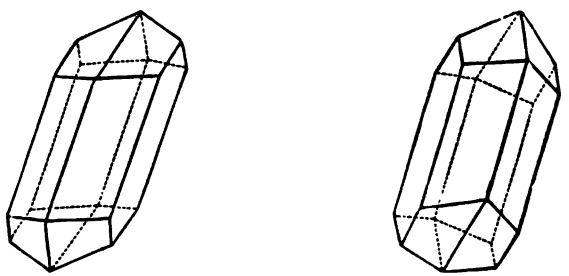
diesen Punkt zu erkennen, dient das abweichende Verhalten des Ferro- und des Ferricyankaliums gegenüber Eisenoxydsalzen, beispielsweise gegenüber einer Lösung von Eisenchlorid. Während nämlich das gelbe Blutlaugensalz mit Eisenoxydsalzen einen prächtig blauen Niederschlag, das Berlinerblau liefert, erzeugen diese mit Ferricyankalium nur eine braune Färbung. Diese tritt aber erst dann ein, bis sich in der Lösung kein gelbes Blutlaugensalz mehr befindet, so daß auf diese Weise der Endpunkt der Umwandlung mit großer Schärfe erkannt werden kann. Die Ueberführung von Ferro- in Ferricyankalium kann auch auf trockenem Wege geschehen, indem man das Salz pulvert, in flacher Schicht auf Hürden ausbreitet und Chlorgas darüber leitet. Auch hier wird das Ende der Umwandlung daran erkannt, daß eine in Wasser gelöste Probe mit Eisenoxydsalz keinen blauen Niederschlag mehr giebt.



Krystallform des Ferrocyankaliums.

Die Ueberführung des gelben in das rothe Blutlaugensalz erfolgt stets unter Austritt von Chlorkalium, welches bei dem nassen Verfahren durch Krystallisation abgeschieden wird; wird nach dem zweiten, trockenen Verfahren gearbeitet, so nimmt man gewöhnlich die Trennung von dem Chlorkalium nicht vor. Dieses Präparat, welches zur Darstellung eines dem Berlinerblau sehr ähnlichen, ebenfalls blauen Farbstoffes dient, welcher „Turnbull's Blau" genannt wird, führt den Namen „Blaupulver", der Gehalt an Chlorkalium ist dann ohne Einfluß.

Das rothe Blutlaugensalz schießt ebenfalls in sehr schönen und großen Krystallen an, es schmeckt schwach zusammenziehend und salzig, und ist nicht giftig. Früher besaß es eine weit größere Bedeutung wie heute, und dem entsprechend ist auch seine Darstellung stark zurückgegangen. Es hängt dies hauptsächlich mit dem großen Aufschwunge zusammen, den die Industrie der Theerfarben genommen hat, welche schönere und billigere blaue Farbstoffe liefert, wie das Berliner- und das Turnbullblau.



Krystallform des Ferricyankaliums.

Die Reaction, auf welche sich die Darstellung des Berlinerblaues gründet, haben wir schon kennen gelernt, es entsteht, wenn eine Lösung von gelbem Blutlaugensalz mit einem Eisenoxydsalze gefällt wird. Turnbull's Blau dagegen entsteht, wenn man rothes Blutlaugensalz mit einem Eisenoxydulsalze, beispielsweise mit Eisenvitriol fällt.

Die reinsten Sorten des aus gelbem Blutlaugensalze hergestellten Farbstoffes kommen unter der Bezeichnung „Pariserblau" in den Handel; es ist eine tief

Digitized by Google

dunkelblau gefärbte Masse, die sich durch einen eigenthümlichen Metallglanz auszeichnet, welcher von einem kupferrothen Schimmer begleitet ist. Für den Handel werden außer dem ganz reinen Farbstoffe noch verschiedene andere, als „Berlinerblau" bezeichnete Nuancen hergestellt. Dies geschieht, indem man das Pariserblau mit weißen, indifferenten Substanzen, gewöhnlich Stärkemehl oder Gips vermengt, natürlich sind diese Producte nicht nur minder intensiv gefärbt, sondern auch billiger wie das reine Pariserblau.

Je nach dem Verfahren, welches zur Darstellung des Pariserblaues eingeschlagen wird, kann man sowohl ein in Wasser unlösliches, wie auch ein lösliches Blau erhalten. Auch dem Pariserblau haben die Theerfarbstoffe große Concurrenz gemacht, so daß in Europa der Verbrauch an diesem Farbstoffe bedeutend zurückgegangen ist. Dagegen wird es in den Tropenländern noch vielfach in der Färberei verwendet, und zwar deshalb, da die Anilinfarben sehr rasch durch die Einwirkung des Sonnenlichtes ausbleichen. Das Berlinerblau bleicht zwar ebenfalls, doch nimmt es im Dunklen wieder seine ursprüngliche intensive Farbe an, so daß die blauen Toiletten der eingeborenen Damen Indiens das Auge stets durch eine nahezu gleichmäßige Farbenpracht erfreuen.

Das Berlinerblau war die erste Cyanverbindung, welche man kennen lernte, und auch ihre Entdeckung ist einem Zufalle, der einem Alchemisten in die Hände spielte, zu verdanken. Ein in Berlin wohnender Farbenkünstler, Diesbach, wollte durch Niederschlagen eines Absudes von Cochenille mit Alaun und etwas Eisenvitriol durch Alkali Florentinerlack bereiten. Zu diesem Zwecke erbat er sich von dem ihm befreundeten Alchemisten Dippel (1673 bis 1734) einen Theil des Kalis, über welches derselbe Thieröl zwecks Reinigung mehrmals destillirt hatte, und das er schließlich als unbrauchbar zur Seite stellte. Als nun Diesbach dieses Alkali verwendete, erhielt er an Stelle des erwarteten rothen Niederschlages einen blauen. Er theilte diese Beobachtung Dippel mit, welcher sogleich einsah, die Entstehung der blauen Farbe müsse auf die Einwirkung des gebrauchten Alkalis auf den Eisenvitriol zurückzuführen sein. Da er nun sein thierisches Oel, welches auch nach ihm benannt wurde, aus Blut bereitete, wurde das erste Berlinerblau in der Weise dargestellt, daß man Alkali mit Blut calcinirte und damit eine Lösung von Eisenvitriol fällte.

Es scheint vielleicht ein Widerspruch, daß hier also doch durch Fällen von gelbem Blutlaugensalz mit einem Eisenoxydulsalze Berlinerblau erhalten wurde. Dies ist nun nicht der Fall, denn einerseits enthält der Eisenvitriol stets geringe Mengen von Eisenoxydsalz, andererseits giebt Ferrocyankalium mit Eisenoxydulsalz einen weißen Niederschlag, der der Luft ausgesetzt, sehr rasch blau wird und sich in Berlinerblau umwandelt.

Die erste Mittheilung über das Berlinerblau, dessen Entdeckung aller Wahrscheinlichkeit nach im Jahre 1704 erfolgte, geschah jedoch erst im Jahre 1710 in den Miscellanea Berolinensia. Es wird hier der Umstand erwähnt, daß bisher nur schlechte oder doch sehr theure blaue Farben bekannt waren, daß aber vor einigen

Digitized by Google

Jahren das Berlinerblau erfunden wurde, welches einen gewaltigen Umschwung auf diesem Gebiete bedeute. Ferner wird angeführt, daß zwei Sorten Berlinerblau, eine dunklere und eine hellere bekannt sind, daß dieselben zu jeder Art von Malerei zu gebrauchen wären und sich als vollkommen unschädlich und arsenfrei erwiesen, man könne damit unbedenklich Zuckerwaaren färben und beim Malen den Pinsel durch die Lippen ziehen. Zu haben war diese Farbe bei dem Buchhändler der Berliner Akademie, sie kostete nur den zehnten Theil des Preises, welcher für das beste Ultramarin gefordert wurde.

Eine interessante und wichtige Anwendung findet die Reaction zwischen Ferricyankalium und Eisenoxydulsalzen, beziehungsweise zwischen Ferrocyankalium und Eisenoxydsalz in dem Lichtpausverfahren oder der „Cyanotypie". Manche Eisenverbindungen, wie citronensaures, weinsaures und oxalsaures Eisenoxyd werden nämlich durch die chemische Wirkung des Lichtes zu Eisenoxydulsalzen reducirt. Wird nun eines der genannten Eisensalze mit einer Lösung von rothem Blutlaugensalz gemischt, so entsteht kein Niederschlag, sondern die Lösung färbt sich nur braun. Tränkt man mit einer solchen Lösung gewöhnliches Papier und setzt man es dem Lichte aus, so wird auf der ganzen Fläche Eisenoxydulsalz entstehen, welches mit dem Ferricyankalium in Wasser unlösliches Turnbull's Blau bildet. Wäscht man nun das Papier mit Wasser, so tritt die Blaufärbung noch deutlicher hervor, da nun erst beide Salze sich lösen und aufeinander einzuwirken vermögen.

Werden dagegen bloß einzelne Stellen des in der angegebenen Weise vorbereiteten Papieres belichtet, so erfolgt nur an diesen die Reduction des Eisenoxydsalzes zu Oxydul, und nur diese werden sich blau färben; das Waschwasser nimmt gleichzeitig von den nicht belichteten Stellen auch die unverändert gebliebenen Salze weg.

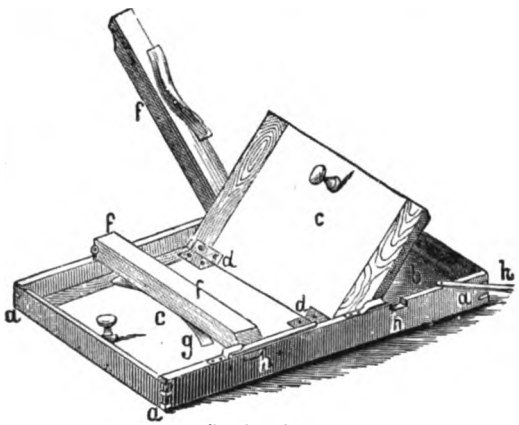
Deckt man also über solches Papier eine durchscheinende Zeichnung, so werden nach der Behandlung mit Wasser und der Belichtung die schwarzen Linien der Zeichnung weiß auf blauem Grunde erscheinen. Um zu vermeiden, daß sich die Zeichnung während der Zeit, während welcher sie dem Lichte ausgesetzt ist, verschiebt, und um sie ferner fest auf das präparirte Papier zu pressen, was unbedingt nöthig ist, um scharfe Copien zu erhalten, wendet man sogenannte Copirrahmen an. Es sind dies Holzrahmen aa, welche auf ihrer Unterseite hervorstehende Leistchen besitzen, auf welche eine dicke, geschliffene Spiegelscheibe gelegt wird. Der Deckel cc besteht aus zwei, durch Charniere verbundenen Theilen, die an der Unterseite mit Sammt oder dickem Tuch belegt sind. Die Theile des Deckels werden durch die Holzleisten ff, welche an der Unterseite mit Stahlfedern g versehen sind, gegen die Glasplatte gedrückt, wenn die Leisten ff, welche an einem Ende mit dem Rahmen durch Charniere verbunden sind, mit dem anderen Ende durch den Verschluß h festgehalten werden.

Dieses sehr einfache und leicht auszuführende Verfahren besitzt den Uebelstand, daß die Zeichnung weiß auf blauem Grunde erscheint. Es ist aber auch

Digitized by Google

möglich, durch ein dem beschriebenen ähnliches Verfahren, den sogenannten Ferrocyanproceß, Zeichnungen mit blauen Linien auf weißem Grunde zu vervielfältigen.

Das Papier wird dann mit einer Lösung, hergestellt aus Eisenchlorid, arabischem Gummi und citronensaurem Ammon getränkt und getrocknet, und im Copirrahmen, mit der durchscheinenden Zeichnung bedeckt, dem Lichte ausgesetzt. Das Licht bewirkt nun die Reduction des Eisenoxydsalzes zu Eisenoxydulsalz. Gleichzeitig erfährt jedoch auch das Gummi arabicum eine Veränderung, welche darin besteht, daß die belichteten Stellen minder leicht löslich werden, während die nicht belichteten ihre ursprüngliche leichte Löslichkeit beibehalten. Wird nun die Copie in eine Lösung von gelbem Blutlaugensalz gebracht, so wird sich zuerst das Gummi an den nicht belichteten Stellen, also an jenen, welche durch die schwarzen Linien des Originales überdeckt waren, lösen. Das Ferrocyankalium trifft hier mit dem unveränderten Eisenoxydsalz zusammen und es entsteht sofort Berlinerblau, und zwar nur an den nicht belichteten Stellen, welche den schwarzen Linien der Zeichnung entsprechen. Treten die Linien scharf und deutlich hervor, so bringt man die Copie in reines Wasser, welches die unveränderten Bestandtheile entfernt, und endlich behandelt man sie noch mit verdünnter Salzsäure. Dann wird das Bild nochmals und gründlich mit reinem Wasser gewaschen und getrocknet, worauf es vollkommen dem Originale entspricht, nur daß die auf diesem schwarzen Linien, Buchstaben ꝛc. hier dunkelblau erscheinen.



Copirrahmen.

Diese beiden Verfahren, welche sehr leicht und fast ohne Uebung auszuführen sind, ergeben sehr gute Resultate. Daher werden sie sehr häufig angewendet, um Pläne, Zeichnungen u. s. w. rasch zu vervielfältigen. Da auch hier die chemisch wirksamen Strahlen des Lichtes die Ursache der Wirkung sind, müssen wir diese Verfahren ebenfalls als Photographie, als „Lichtschreiberei" ansehen.

Ein großer Theil des jährlich theils durch den Schmelzproceß, theils aus Gasreinigungsmasse hergestellten gelben Blutlaugensalzes wird zur Darstellung von Cyankalium verwendet. Wie wir schon wissen, zerfällt in der Schmelzhitze das gelbe Blutlaugensalz in Cyankalium, während sich das Eisen des Ferrocyankaliums und etwas Kohle abscheidet. Man gießt dann vorsichtig die Schmelze von dem Bodensatze ab, und läßt sie erstarren; die im Bodensatze hinterbleibenden Reste von Cyankalium werden durch Behandlung mit Alkohol oder Schwefelkohlenstoff ausgezogen.

Digitized by Google

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Bei dieser Art der Darstellung des Cyankaliums ist es jedoch unvermeidlich, daß stets Verluste an Cyan eintreten, wodurch die Ausbeute sehr erniedrigt wird. Zwar erhält man ein vollkommen reines Präparat, doch kommt dieses, unter Einrechnung dieser Verluste, viel höher zu stehen. Dagegen gelingt es nach dem Vorschlage Liebig's, alles im gelben Blutlaugensalze enthaltene Cyan in Cyankalium überzuführen, wenn man vor dem Schmelzen Potasche zusetzt. Man erhält dann allerdings ein minder reines Product, doch wird, wie erwähnt, kein Cyan zerstört. In jüngster Zeit setzt man übrigens an Stelle der Potasche metallisches Natrium zu und verwendet überhaupt nicht Ferrocyankalium, sondern das diesem entsprechende Natriumsalz. Dann erhält man Cyannatrium, welches für die meisten Zwecke die gleichen Dienste leistet wie das Cyankalium, und auch billiger ist wie dieses.

Behandelt man Cyankalium mit einer Säure, so setzt diese Cyanwasserstoff in Freiheit, während, wenn beispielsweise Salzsäure verwendet wurde, Chlornatrium hinterbleibt. Der Cyanwasserstoff, auch Blausäure genannt, da man ihn zuerst aus Berlinerblau darstellte, bildet im reinen Zustande eine leicht bewegliche, vollkommen farblose Flüssigkeit, welche betäubend und an bittere Mandeln erinnernd riecht und starkes Kratzen im Schlunde erzeugt. Sie ist sehr leicht entzündlich und brennt mit violetter Flamme.

Die Blausäure ist eines der furchtbarsten Gifte, welche wir kennen. Ihre toxische Wirkung erstreckt sich jedoch nicht nur auf Menschen und höhere Thiere, auch die niedersten Thiere, die Infusorien werden unfehlbar durch sie getödtet, während diese Lebewesen manchen anderen Giften widerstehen. Auch auf das Pflanzenreich übt sie in ähnlicher Weise eine schädigende Wirkung aus. Wird beispielsweise die Mimosa pudita, eine Pflanze, welche eine große Reizbarkeit besitzt, die sich dadurch äußert, daß ihre Blätter bei der leisesten Berührung zusammenklappen, in eine Lösung von Blausäure gestellt, so büßt sie ihre Reizbarkeit sehr bald ein; in Blausäure gelegte Samenkörner verlieren ihre Keimkraft, und der in manchen Pflanzen, so in der Wolfsmilch, in einzelnen Cacteen ꝛc. enthaltene Milchsaft gerinnt in Berührung mit Blausäure. Selbst auf die Fermente, diese niedersten Glieder des Pflanzenreiches, erstreckt sich ihre Wirkung, indem sie deren Thätigkeit theils hemmt, theils vollkommen und dauernd unterbricht.

Um so merkwürdiger und interessanter ist es dagegen, daß Blausäure zwar nicht in gewissen Pflanzen, beziehungsweise Pflanzentheilen fertig gebildet vorkommt, wohl aber entsteht, wenn diese zerstoßen, mit Wasser macerirt und destillirt werden. Dies ist beispielsweise bei den Kernen der Kirsche, Pflaume, Aprikose und Pfirsich, den jungen Trieben des Pfirsichbaumes und des Kirschlorbeers der Fall; bittere Mandeln dürfen Papageien nicht gereicht werden, da diese an der Blausäure zugrunde gehen u. s. f. Dagegen verlieren bittere Mandeln ihre giftige Eigenschaft, wenn man sie mit Alkohol extrahirt. Dadurch wird ihnen ein Körper entzogen, welcher den Namen Amygdalin erhielt, und welcher bei der geschilderten Operation unter Abspaltung von Blausäure zerfällt. Später konnte

Digitized by Google

dann Wöhler und Liebig in den Mandeln ein Ferment, das Emulsin, nachweisen, welches bei Gegenwart von Wasser das Amygdalin in Blausäure, Bittermandelöl und Zucker spaltet. Daraus folgt, daß alle Pflanzentheile, welche bei der Behandlung mit Wasser Blausäure liefern, Amygdalin und Emulsin, oder doch ein diesem ähnliches sogenanntes „chemisches" Ferment enthalten.

Bei höheren Thieren äußert sich die giftige Wirkung der Blausäure — sofern nur sehr geringe Mengen verabreicht werden — durch Mattigkeit, Schwindel und Speichelfluß, ferner tritt bald Unempfindlichkeit, theilweise Lähmung und selbst Starrkrampf ein, der Athem riecht intensiv nach Blausäure, die Pupille erweitert sich, der Puls wird matt und unregelmäßig. Diese Erscheinungen dauern jedoch in der Regel nicht länger als eine halbe Stunde, dann tritt rasch Erholung ein.

Größere Mengen verursachen den Tod in solch kurzer Zeit, daß die besprochenen Erscheinungen überhaupt nicht wahrgenommen werden können, höchstens machen sich einige tiefere Athemzüge, sowie vorhergehende Empfindungslosigkeit bemerkbar. Geradezu augenblicklich wirkt aber Blausäure, wenn sie mit einer Spritze, welche in eine hohle Nadel endet, direct in die Lunge eingespritzt wird.

Wenn wir nun nach der Ursache der Wirkung der Blausäure forschen, so finden wir diese in einer eigenthümlichen Verbindung, welche die Blausäure mit dem Oxyhämoglobin des Blutes, welcher Körper die Rolle eines Sauerstoffüberträgers spielt, eingeht. Diese Verbindung vermag aber nicht mehr Sauerstoff aufzunehmen, beziehungsweise abzugeben. Der Tod durch Blausäure ist daher eigentlich ein Erstickungstod; gewöhnlich genügen 0·05 g, um den Tod mit Sicherheit herbeizuführen. Als Gegengifte werden Ammoniak und Chlorgas verwendet, und es gelang auch thatsächlich schon wiederholt, mit diesen Mitteln günstige Erfolge zu erzielen, vorausgesetzt, daß sie rasch bei der Hand waren, und sofort zur Anwendung gelangten.

Auch das Cyankalium wirkt gleich der Blausäure als furchtbares Gift, doch ist es auch hier der Cyanwasserstoff, welcher den Tod herbeiführt. Es zerfällt nämlich durch die Einwirkung des sauren Magensaftes, wobei sich Blausäure entwickelt; schon durch Kohlensäure wird Cyankaliumcarbonat, wenn es an der Luft liegt, zerlegt, Blausäure entweicht und Kaliumcarbonat hinterbleibt; viel energischer wirkt natürlich der Magensaft, welcher freie Salzsäure enthält. Da aber eben nur die Blausäure und nicht das Cyankalium als solches giftig wirkt, sind von diesem größere Mengen nöthig, um den Tod herbeizuführen, es genügen jedoch auch hier schon 0·2 bis 0·3 g des vollkommen reinen Präparates.

Ein lehrreiches Beispiel, wie Cyankalium, beziehungsweise Blausäure selbst auf die größten und gewaltigsten Thiere wirkt, bietet Professor Lecher in einer Broschüre über die „Beseitigung bösartiger Elephanten", die in der That mitunter Schwierigkeiten bereitet hat. Dem genannten Autor war die Tödtung eines großen Elephanten der Schönbrunner Menagerie zu Wien übertragen worden. Das Thier litt an einem Fußübel, konnte wegen seiner Größe nicht behandelt werden, und griff schließlich seine Wärter an, so daß die Tödtung zu einem Gebote der Noth-

Digitized by Google

wendigkeit wurde. Sie gelang prompt unter Verwendung von Cyankalium, während in anderen Fällen selbst durch Kanonenkugeln schwer verletzte Elephanten noch weiterliefen und Unheil anstifteten.

Dem zu tödtenden Elephanten wurde chemisch reines Cyankalium in Wecken verabreicht, welche entzweigeschnitten, ausgehöhlt und innen mit einer dünnen Gipsschicht bekleidet waren. Um das Auseinanderfallen zu verhindern, waren beide Hälften je eines Weckens mit Bindfaden aneinander geschnürt und am Rande überdies mit Honig verstrichen, um das Thier nicht durch den sonst wahrnehmbaren Blausäuregeruch stutzig zu machen. Um aber eine vorzeitige Entwickelung von Blausäure zu vermeiden, war der Honig vorher mit Potasche entsäuert worden. Das sehr bösartige Thier nahm in zwei Wecken unmittelbar hintereinander etwa 54 g Cyankalium, welche 22 bis 23 g wasserfreie Blausäure zu entwickeln vermochten. Um die Zersetzung des Cyankaliums im Magen zu befördern, wurden dem Thiere ferner noch Aepfel und mit Weinsäure angesäuertes Wasser verabreicht.

Vermöge der eigenthümlichen Umhüllung, in welcher der Elephant das Cyankalium verschlungen hatte, dauerte es längere Zeit, bis sich die Wirkung des Giftes bemerkbar machte. Etwa zwölf Minuten nach Einnahme des Giftes jedoch wurde das bisher anscheinend ganz normale Thier „gleichsam wie von einer unsichtbaren Macht ergriffen, unter einem unbeschreiblich heftigen, jammervoll gellenden, Mark und Bein durchdringenden Schrei vom Erdboden abgeschnellt, und wie vom Blitze getroffen in einem Bogen weit weg mit solcher Wucht auf die linke Körperseite geschleudert, daß der Boden dröhnte". Unter anfangs sehr starken Krämpfen und späterer Bewußtlosigkeit mit aussetzender Athmung, dauerte der Todeskampf 26 bis 28 Minuten, und endete mit einer matt röchelnden, ersterbenden Ausathmung. Das Thier wog 3525 kg.

Häufig tritt, besonders in großen Städten, an den Gerichtschemiker die Aufgabe heran, nachzuweisen, ob ein Giftmord oder Selbstmord unter Benützung von Cyankalium, beziehungsweise Blausäure erfolgte. Dann muß mit aller Schärfe die Anwesenheit oder das Fehlen von Cyanverbindungen nachgewiesen werden, und der mit dem Nachweise Betraute muß sich stets eingedenk bleiben, daß von seinem Votum unter Umständen das Leben und die Freiheit einer eines Giftmordes verdächtigen Person abhängt. Erschwert wird eine solche Untersuchung durch zwei Umstände. Einerseits durch die rasche Zersetzung, welche die Cyanverbindungen im Organismus erfahren, andererseits dadurch, daß sie in der Form, in welcher sie dem mit der Untersuchung betrauten Chemiker vorgelegt werden, nämlich als Magen- und Darminhalt, gewöhnlich nicht direct nachgewiesen werden können. Der erste Umstand bedingt es, daß es schwer sein wird, in Leichen oder Leichentheilen thatsächlich an Blausäurevergiftung verstorbener Personen noch einige Zeit nach der Beerdigung Cyan mit Sicherheit nachzuweisen, der zweite, daß überhaupt in solchen Fällen besondere Methoden zur Anwendung gelangen müssen.

Bei ganz frischen Vergiftungsfällen macht sich allerdings gewöhnlich die Blausäure schon durch ihren Geruch bemerkbar, in der Regel muß jedoch der

Digitized by Google

Magen- und Darminhalt näher untersucht werden, und zu diesem Zwecke verfährt man in der Weise, daß er unter Zusatz einer geringen Menge Weinsäurelösung — um aus Cyanverbindungen die Blausäure in Freiheit zu setzen — unter guter Kühlung abdestillirt wird.

Das Destillat wird dann näher untersucht, ob Blausäure darin enthalten ist. Dazu können verschiedene Reactionen verwendet werden, welche wir deshalb etwas näher besprechen wollen, da sie uns ein Bild geben, in welcher Weise in solchen Fällen überhaupt vorgegangen zu werden pflegt.

Bringt man in eine Lösung von Blausäure einige Tropfen einer Lösung von salpetersaurem Silber (Höllenstein), so entsteht ein weißer, flockiger Niederschlag von Cyansilber. Einen ganz ähnlichen Niederschlag, nämlich Chlorsilber erhält man jedoch auch, wenn man Salzsäure mit Silberlösung fällt. Beide Niederschläge unterscheiden sich jedoch durch ihr Verhalten gegenüber Ammoniak. In diesem ist Chlorsilber leicht löslich, Cyansilber aber nur sehr schwierig, dagegen löst es sich leicht in einer Lösung von Cyankalium, da dann eine sehr leicht lösliche Doppelverbindung, Cyankalium-Cyansilber, entsteht.

Ein weiterer Nachweis beruht auf der Bildung von Berlinerblau. Zu diesem Zwecke neutralisirt man das blausäurehaltige Destillat genau mit Kalilauge und setzt nun eine Eisenvitriollösung zu, welche einige Zeit an der Luft gestanden hat, und deshalb Eisenoxydsalz enthält. Es entsteht dann ein schmutziggrün gefärbter Niederschlag von Berlinerblau und Eisenoxydhydrat. Behandelt man ihn mit etwas Salzsäure, so wird das Eisenoxydhydrat gelöst, und das leicht an seiner tiefblauen Farbe zu erkennende Berlinerblau hinterbleibt.

Eine höchst charakteristische und elegante, dabei aber äußerst empfindliche Reaction, welche es gestattet, noch sehr geringe Mengen von Cyanverbindungen mit vollster Sicherheit nachzuweisen beruht darauf, daß man das Destillat mit etwas Kalilauge und gelbem Schwefelammonium erwärmt, und dadurch die Cyanwasserstoffsäure in Schwefelcyanwasserstoffsäure überführt. Der Schwefelcyanwasserstoff, gewöhnlich Rhodanwasserstoff genannt, beziehungsweise dessen Salze liefern nun, mit einer ganz geringen Menge Eisenchloridlösung versetzt, eine blutrothe Färbung, die selbst bei sehr großer Verdünnung noch deutlich wahrnehmbar und charakteristisch für die Schwefelverbindungen der Blausäure ist.

Erst wenn der Nachweis der Gegenwart von Blausäure durch alle diese Reactionen erbracht ist, und erst, wenn außerdem noch der Thierversuch dieses Ergebnis bestätigte, kann in gerichtlichen Fällen der Nachweis als erbracht angesehen werden. Wir sehen also, daß die Arbeit eines Gerichtschemikers, bei der großen und schweren Verantwortung, die auf ihm lastet, durchaus keine leichte ist. Dabei kann noch der Nachweis von Cyanvergiftungen zu den leichter zu erbringenden Nachweisen gezählt werden, weit schwieriger liegt die Sache, wenn die Vergiftung muthmaßlich durch minder bekannte Alkaloide erfolgte, welche keine so charakeristischen und scharfen Reactionen geben, wie dies gerade bei den Cyanverbindungen der Fall ist.

Digitized by Google

Das Cyankalium wird gewöhnlich in Stangenform in den Handel gebracht. Es dient in der Technik den verschiedensten Zwecken, so wird es beispielsweise in großen Mengen zur Versilberung und Vergoldung auf galvanischem Wege verwendet. Bei diesem Verfahren, das wir bei Besprechung der Gewinnung und Anwendung der Metalle noch eingehend kennen lernen werden, bewirkt der elektrische Strom die Abscheidung von Gold, beziehungsweise Silber auf dem zu überziehenden Gegenstande in einer dünnen gleichmäßigen Schicht. Um aber thatsächlich einen gleichmäßigen Ueberzug zu erhalten, kann man nicht jedes beliebige lösliche Silbersalz anwenden, gerade aber die Doppelverbindungen von Silber- und Goldcyanid mit Cyankalium besitzen die erwünschte Eignung. Wir haben schon erwähnt, daß das Cyansilber in überschüssigen Cyankalium löslich ist, dieser Weg wird auch eingeschlagen, um die zur galvanischen Versilberung dienenden Bäder zu bereiten.

Geschmolzenes Cyankalium besitzt auch die Eigenschaft, die Oxyde vieler Metalle zu lösen; die Goldarbeiter bedienen sich dieses Verhaltens, um durch Löthung zu vereinigende Gegenstände blank zu machen.

Eine sehr wichtige und ausgedehnte Anwendung fand in der jüngsten Zeit das Cyankalium zur Gewinnung des Goldes. Wässerige Lösungen von Cyankalium besitzen nämlich die Eigenschaft, Gold und Silber zu lösen, und dies wird bei dem sogenannten Forrestproceß, welchen wir auch noch näher kennen lernen werden, angewendet, um Gold und Silber aus goldarmen Erzen auszuziehen, die auf andere Weise zu verarbeiten sich nicht mehr rentiren würde. Aus der Lösung wird das Gold dann durch Zink oder durch den elektrischen Strom gefällt.

Trägt man in geschmolzenes Cyankalium Schwefel ein, so wird dieser aufgenommen und man erhält eine neue Verbindung, das Schwefelcyankalium oder Rhodankalium. Wir haben diese Verbindung schon erwähnt, sie giebt mit Eisenoxydsalzen eine blutrothe Färbung, welche zu ihrem Nachweise, sowie zum Nachweise von Cyanverbindungen überhaupt verwendet wird.

Die Rhodansalze werden in großen Mengen in der Färberei und Zeugdruckerei als Beizen angewendet, um die Faser zur Festhaltung der Farbe geeignet zu machen. Doch hat man erst vor ungefähr zwanzig Jahren begonnen, die Rhodanverbindungen zu diesem Zwecke zu verwenden, vor dieser Zeit war der Bedarf so gering, daß sogar ein Preis ausgeschrieben wurde für ein Verfahren, aus dem Schwefelcyankalium auf einfache Weise Cyankalium oder Ferrocyankalium darzustellen.

Die großen Mengen der heute in der Technik verwendeten Rhodanide werden jedoch nicht aus dem Cyankalium dargestellt, sondern man stellt sie entweder aus den gebrauchten Gasreinigungsmassen dar, indem man diese mit Wasser auslaugt, wobei die Rhodansalze in Lösung gehen, und trennt diese von den übrigen löslichen Salzen durch Fällen mit Kupfervitriol, wobei man Kupferrhodanür enthält, oder man stellt Rhodanammonium direct aus Schwefelkohlenstoff und Ammoniak her. Zu diesem Zwecke wird eine Lösung von Schwefelkohlenstoff und Ammoniak in

Digitized by Google

Alkohol unter beständigem Umrühren einem Drucke von etwa 15 Atmosphären ausgesetzt und gleichzeitig erhitzt; nach Beendigung der Reaction wird die Flüssigkeit in einen Destillirapparat gebracht und der überschüssige Schwefelkohlenstoff, Alkohol, welcher sich an der Reaction selbst nicht betheiligt, und das unverändert gebliebene Ammoniak abdestillirt. Der Rückstand wird zur Krystallisation gebracht und liefert das Rhodanammonium, ein wasserhelles, gut krystallisirendes Salz, welches an der Luft sehr rasch Feuchtigkeit anzieht und zerfließt. In neuerer Zeit läßt man bei der Darstellung nach diesem Verfahren den Alkohol ganz weg, bei genügendem Drucke verläuft die Umsetzung zwischen Schwefelkohlenstoff und Ammoniak glatt und nahezu quantitativ.

Ein Körper von ganz merkwürdigen Eigenschaften ist das Rhodanqueckſilber. Man erhält es durch Fällung einer Lösung von Rhodanammon mit Queckſilberchlorid als weißen, krystallinischen Niederschlag. Er dient hauptsächlich zur Anfertigung eines Spielzeuges, der sogenannten „Pharaoschlangen“. Rührt man nämlich den trockenen Niederschlag mit einer dicken Lösung von Gummi arabicum zu einer plastischen Masse an, formt daraus kurze Stängelchen und trocknet diese, so verbrennen sie, an einem Ende angezündet, mit blauer Schwefelflamme unter Ausstoßung giftiger Queckſilberdämpfe, wobei sich der Rückstand zu einer schlangenförmigen Masse aufbläht. Wöhler beobachtete noch als Student diese Erscheinung zum erstenmale; er schrieb darüber: „Erhitzt man es (das Rhodanqueckſilber) gelinde, so schwillt es plötzlich, sich gleichsam aus sich selbst in wurmartigen Gestalten windend, um das Vielfache seines vorigen Umfanges an.“

Trotz der ausgedehnten Anwendung, welche die Cyanverbindungen, darunter auch das so überaus giftige Cyankalium in der Technik finden, kommen eigentlich nur wenige und vereinzelte Unglücksfälle durch Vergiftung mit diesen Körpern vor. Und fast in allen diesen traurigen Fällen ist die Schuld einzig und allein dem Betroffenen selbst zuzuschreiben, der durch unachtsames Hantiren das Unglück heraufbeschworen hatte. Bei sorgsamer Behandlung verliert eben auch das Schießpulver und das Nitroglycerin seine gefährlichen Eigenschaften, und das gleiche ist bei den Cyanverbindungen der Fall. Wer mit diesen Körpern sachgemäß und verständig umgeht, wer sich durch die Gewohnheit des Umganges mit solchen Präparaten nicht verführen läßt, die unbedingt nöthige Vorsicht außer Auge zu lassen — der hat nichts zu fürchten.

Digitized by Google

# Die künstlichen Düngemittel.

Wenn zur Frühlingszeit die Strahlen der Sonne wieder wärmer werden, wenn die Schneedecke schwindet und das Eis, welches Quellen und Bäche gefangen hielt, zerrinnt, dann erleben wir alljährlich ein Wunder, das uns mit neuer Lebensfreude erfüllt: Das holde Wunder der Auferstehung der Pflanzenwelt.

In jedem Baume, in jedem Strauche regt sich der Saft, schwellende Knospen springen und tausend Blumen heben in Wald und Flur ihre Häupter empor, der Sonne entgegen. Das Saatkorn, das der Säemann der Erde anvertraut, es beginnt zu keimen und entwickelt sich zur stattlichen Pflanze, die zur Reifezeit vielfältiges Korn tragen soll.

Achtlos gehen wir vielleicht an dieser Erscheinung vorbei, wir sind gewohnt, sie Jahr für Jahr sich wiederholen zu sehen, und wir fragen nicht, welche geheimnisvolle Kraft die Pflanze befähigt, sich zu entwickeln und zu erstarken. Wir sehen es vielleicht auch als selbstverständlich an, daß die Roggenhalme, die sich aus dem kleinen, unscheinbaren Samenkorne entwickelt haben, im Herbste eine stattliche Pflanze werden, deren schwere Aehren mit vollen Körnern gefüllt sind. Wir fragen aber nicht, welche Umstände hier im Spiele waren, wir fragen nicht, wie und wovon die Pflanze lebt und sich ernährt, denn daß sie Nahrung aufnehmen muß, um die bedeutenden Mengen neuer Pflanzensubstanz zu erzeugen, ist wohl selbstverständlich.

Jahrtausende hindurch hat sich dieses Erwachen der Pflanzenwelt alljährlich wiederholt, erst in diesem Jahrhunderte ist man aber in die Geheimnisse eingedrungen, welche das Leben der Pflanze, und damit die Existenz aller Menschen bedingen. Es war aber nicht bloßer Forschungsdrang, welcher die Männer der Wissenschaft veranlaßte, den Schleier zu lüften. Die Erkenntnis der Lebens-



Digitized by Google

bedingungen der Pflanze hat uns befähigt, den Ackerbau in neue Bahnen zu lenken, sie hat die Wirkung der Düngemittel verstehen gelernt, und Mittel und Wege gewiesen, den Ertrag der Felder Jahr für Jahr auf der gleichen Höhe zu erhalten.

Allerdings hat es lange gedauert, bis die neue Lehre und die moderne Anschauung zum Gemeingute aller Landwirthe geworden war. Wie der Landwirth an die Scholle gebunden ist und fest an dieser hängt, so hing er auch an überlieferten Anschauungen, die sich vom Vater auf den Sohn vererbt hatten. Er baute sein Korn und düngte seine Felder, aber über die großen Räthsel der Natur nachzusinnen, dazu fehlten ihm die Lust und auch die nöthigen Vorkenntnisse. Die Landwirthschaft, die doch einer der schönsten Berufszweige ist, war verkannt und mißachtet; taugte einer zu gar nichts mehr, so ließ man ihn eben Landwirth werden, und so darf es uns auch nicht Wunder nehmen, daß es lange Zeit brauchte, um dem Landwirth den Werth der naturwissenschaftlichen Forschung begreiflich zu machen, und ihn dazu zu bringen, Landwirthschaft selbst nur als angewandte Naturwissenschaft zu betrachten.

Lange Zeit hindurch war allgemein die Anschauung verbreitet, daß der Boden eine besondere „pflanzenerzeugende" Kraft besitze, welche in ähnlicher Weise wirken sollte wie die Lebenskraft, mit der man sich in ebenso einfacher wie bequemer Weise die Vorgänge im Organismus des Thieres und der Pflanze erklärte. Man wußte, daß diese „pflanzenerzeugende" Kraft des Bodens nach mehreren Ernten geringer wurde, und daß sie endlich ganz verschwand; man wußte, daß durch Zufuhr von animalischem Dünger der Boden wieder befähigt werde, Pflanzen zu tragen, und daß die gleiche Erscheinung sich nach einer angemessenen Ruhepause, der Brache, einstellte. Auch hatte Chr. Schubert um die Mitte des vergangenen Jahrhundertes gezeigt, daß man die Brache durch den Anbau von Klee ersetzen könne, wofür er als „Ritter von Kleefeld" geadelt worden war, aber bald hatte sich auch dieses Mittel als unzureichend erwiesen, denn nach mehrmaligem Anbau von Klee wurden die Felder „kleemüde". Man wußte ferner, daß ein kleemüdes Feld noch ganz gute Getreideernten liefern konnte, und eine Folge dieser Erkenntnis war die Einführung der Wechselwirthschaft, bei welchem die Felder in regelmäßiger Wiederkehr mit verschiedenen Pflanzengattungen bebaut wurden.

Dies war in großen Zügen die Lage der Landwirthschaft, als man daran ging, die erste Theorie über die Ernährung der Pflanzen aufzustellen, es war dies die von Einhof und Thaer herrührende Humustheorie. Diese lehrte, daß einzig und allein der Humus als Nährstoffquelle der Pflanzen anzusehen sei, denn „außer dem Wasser ist er es allein, was der Pflanze im Boden Nahrung giebt". Mit dem Namen „Humus" wird eine Anzahl von Körpern bezeichnet, welche durch Fäulnis- und Verwesungsvorgänge im Boden entstehen, welche zwar die sogenannten physikalischen Eigenschaften des Bodens bedeutend verbessern, zur Ernährung und zum Wachsthume der Pflanzen jedoch direct nichts beitragen.

Digitized by Google

Man war aber doch schon so weit, daß man einer halbwegs annehmbaren Erklärung bedurfte, und da ferner die Erfahrung lehrte, daß humusreicher Boden sehr fruchtbar war, fand diese Theorie viele Anhänger.

Da erregte es natürlich bedeutendes Aufsehen, als plötzlich Justus v. Liebig dieser Anschauung entgegentrat, und seine „Mineraltheorie" aufstellte. Er sagte:

„Die Nahrungsmittel aller grünen Gewächse sind anorganische oder Mineralsubstanzen."

„Die Pflanze lebt von Kohlensäure, Ammoniak (Salpetersäure), Wasser, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kieselsäure, Kalk, Bittererde, Kali, Eisen, manche bedürfen Kochsalz."

Justus v. Liebig.

„Zwischen allen Bestandtheilen der Erde, des Wassers und der Luft, welche theilnehmen an dem Leben der Pflanze, zwischen allen Theilen der Pflanze und dem Thiere und seinen Theilen besteht ein Zusammenhang, so zwar, daß, wenn in der ganzen Kette von Ursachen, welche den Uebergang des organischen Stoffes zu einem Träger der organischen Thätigkeit vermitteln, ein einziger Ring fehlt, die Pflanze oder das Thier nicht sein kann."

„Der Mist, die Excremente der Thiere und Menschen wirken nicht durch ihre organischen Elemente auf das Pflanzenleben ein, sondern indirect durch die Producte ihres Fäulnis- und Verwesungsprocesses, in Folge also des Ueberganges des Kohlenstoffes in Kohlensäure und ihres Stickstoffes in Ammoniak (oder Salpetersäure). Der organische Dünger, welcher aus Theilen oder Ueberresten von Thieren besteht, läßt sich demnach ersetzen durch die anorganischen Verbindungen, in welche er im Boden zerfällt."

Liebig's Theorie widersprach vollständig den bis dahin geltenden Anschauungen, und doch zeigten schon einfache Vegetationsversuche, welche in aus-



Digitized by Google

geglühtem, von jeder organischen Substanz freiem Sande oder in Wasser, nur unter Zusatz der anorganischen Nährstoffe, angestellt wurden, die Richtigkeit seiner Behauptungen.

Es gelingt nämlich Pflanzen, ja selbst Bäume in solchen „Wasserculturen" nicht nur zur vollen Entwickelung zu bringen, sondern sie auch, sofern sie ausdauernd sind, Jahre hindurch ebenso frisch und ebenso grün zu erhalten, wie wenn sie im freien Lande stünden. Fehlt dagegen nur ein einziger der oben als unentbehrlich bezeichneten anorganischen Nährstoffe, so geht die Pflanze unfehlbar zugrunde. Vielmehr muß ihre Gesammtheit der Pflanze zur Verfügung stehen, und es ist gewiß bemerkenswerth, daß keiner dieser Nährstoffe durch ein anderes, ihm in chemischer Hinsicht ähnliches Element vertreten werden kann. So läßt sich das Kalium nicht durch Natrium, das Eisen, bei dessen Abwesenheit die Pflanzen nicht zu ergrünen vermögen, nicht durch Mangan ersetzen u. s. f. Mit der Aufstellung der Mineraltheorie, deren wichtigste Lehrsätze wir oben anführten, begann ein neuer Abschnitt für die Landwirthschaft. Liebig war der erste, der chemisches Wissen in Zusammenhang mit der Landwirthschaft brachte, er begründete dadurch einen neuen Zweig der Chemie, welcher die Erforschung der chemischen Vorgänge im Leben der Pflanzen und Thiere zur Aufgabe hat, und als „Agriculturchemie" bezeichnet wird.

Das Verdienst der Agriculturchemie war es, die Lehre von der Ernährung der Pflanzen ausgebaut und vervollständigt zu haben, sie lehrte die zweckmäßige Anwendung der künstlichen Düngemittel, und sie schuf auch indirect eine neue chemische Industrie, jene, welche sich mit der Darstellung der künstlichen Düngemittel befaßt. Und diese hat heute eine so bedeutende und wichtige Stellung erlangt, daß sie allen anderen chemischen Industrien zum mindesten ebenbürtig wurde.

Bevor wir jedoch uns näher mit der Darstellung der künstlichen Düngemittel befassen, ist es wohl angezeigt, die Nahrungsmittel der Pflanze selbst etwas näher zu besprechen.

Während das Thier ausschließlich auf Stoffe organischen Ursprunges, also des Thier- und Pflanzenreiches angewiesen ist, und die unentbehrlichen anorganischen Nahrungsstoffe nur in Form der Asche seiner Nahrung zu sich nimmt, bezieht die grüne Pflanze die Mittel zu ihrer Ernährung ausschließlich aus anorganischen Stoffen. Es war zuerst Ingenhouß, welcher auf die Zerlegung der Kohlensäure durch die Pflanzen im Jahre 1779 aufmerksam machte, aber erst Saussure bewies, daß der gesammte Kohlenstoff, welchen die Pflanze enthält, und welcher sich an der Bildung der mannigfachsten Verbindungen wie Stärke, Zucker, Cellulose, Eiweiß, ätherische Oele u. s. w. betheiligt, aus der Kohlensäure der Luft stammt. Merkwürdigerweise hegte er aber die Anschauung, daß dies nur bei den wild wachsenden Pflanzen zutreffe, für die Culturpflanzen glaubte er die Nothwendigkeit einer concentrirteren Nahrung annehmen zu müssen, und als die Quelle dieser sah er die löslichen Humussubstanzen an. Das Irrthümliche dieser Anschauung ist heute längst erwiesen. Heute besteht kein Zweifel mehr darüber, daß der Kohlen-

Digitized by Google

stoff, welchen wir in jeder Pflanze nachweisen können, ausschließlich aus dem Kohlensäurevorrath der Luft stammt, die theils durch die Blätter, theils durch die Wurzeln aufgenommen, jedoch ausschließlich in den Blättern zerlegt wird.

Die Kohlensäure ist nämlich, wie wir wissen, eine Verbindung von Kohlenstoff mit Sauerstoff, und um sich den darin enthaltenen Kohlenstoff nutzbar zu machen, muß die Pflanze eine Zerlegung dieser Verbindung vornehmen. Um eine chemische Verbindung jedoch in einfachere Bestandtheile oder in die Elemente, aus welchen sie aufgebaut ist, zu zerlegen, ist Arbeit erforderlich, d. h. wir müssen jene Kräfte überwinden, welche die Elemente zu Verbindungen vereinen. Im Laboratorium erreichen wir dies durch die verschiedensten Hilfsmittel, durch Zuführung von Wärme, durch den elektrischen Strom, oder in der Weise, daß wir die zu trennende Verbindung mit einem neuen Körper in Berührung bringen, dessen Verwandtschaft zu einem der Bestandtheile der Verbindung so groß ist, daß er ihr diesen entzieht. Bringen wir beispielsweise in ein Glasrohr ein Stückchen Kaliummetall, leiten wir trockene Kohlensäure darüber und erwärmen wir gleichzeitig, so entreißt das Kalium der Kohlensäure den Sauerstoff, und der Kohlenstoff scheidet sich als feines, schwarzes Pulver ab.

Die grüne, lebende Pflanzenzelle bedient sich zu dieser Trennung des Kohlenstoffes vom Sauerstoffe jedoch eines anderen Hilfsmittel. Sie vermag die Lichtschwingungen zu diesem Zwecke zu verwenden, und durch das Experiment können wir auch leicht nachweisen, daß die Zerlegung der Kohlensäure nur im Lichte erfolgt und durch stärkere Belichtung auch lebhafter vor sich geht. Den Kohlenstoff, welchen die Pflanze auf diese Weise gewinnt, wandelt sie aber sogleich in andere Verbindungen um, welche im Zellsafte gelöst, nach den Stellen des Verbrauches, etwa nach den wachsenden Theilen, oder nach den in Entwickelung begriffenen Samen transportirt werden. Dort endlich erfahren diese Stoffe eine neue Umwandlung. Sie werden zu Cellulose umgeformt, als Stärke, Fett oder Zucker in den Samen deponirt, um dem Keimling als erste Nahrung zu dienen u. s. w. Den Sauerstoff jedoch, welcher bei der Spaltung der Kohlensäure frei wird, giebt die Pflanze zum Theile wieder dem Luftmeere zurück.

Lassen wir also eine Pflanze, der alle nöthigen anorganischen Nährstoffe, sowie Wasser in ausreichender Menge zu Gebote stehen, in einer Atmosphäre wachsen, welcher wir jede Spur von Kohlensäure entzogen haben, so wird sie nicht im Stande sein, neue Substanz zu bilden, und sie wird bald zugrunde gehen. Das gleiche tritt aber auch ein, wenn wir der Pflanze den Sauerstoff entziehen, sie kümmert einige Zeit und stirbt dann ab. Dies ist um so auffälliger, als wir ja wissen, daß die Pflanze mehr als ausreichende Mengen Sauerstoff in der Kohlensäure und auch im Wasser zugeführt erhält, so daß sie also des freien Sauerstoffes der Luft zur Neubildung organischer Substanz, die immer sauerstoffhaltig ist, nicht bedarf. Dieses Verhalten wird aber erklärlich, wenn wir eine Pflanze unter einer Glasglocke wachsen lassen und nach einiger Zeit die unter der Glocke vorhandene Luft untersuchen. Wir finden dann, daß sie ärmer an Sauerstoff

Digitized by Google

geworden ist, wir können aber gleichzeitig auch feststellen, daß die Pflanze Kohlensäure abgegeben hat. Die gleiche Erscheinung können wir aber auch an Menschen und Thieren beobachten: Es wird Sauerstoff aufgenommen und Kohlensäure abgegeben. Diesen Vorgang bezeichnen wir bekanntlich als Athmung, und auch die Pflanze athmet. Sie nimmt neben der Kohlensäure auch freien Sauerstoff durch die Blätter auf, welche mit äußerst kleinen, jedoch sehr zahlreichen Oeffnungen, den Spaltöffnungen, versehen sind, durch welche Gase in die Pflanze einzudringen vermögen. Dieser freie, durch die Spaltöffnungen aufgenommene Sauerstoff verbindet sich wieder mit der aus Kohlensäure und Wasser entstandenen Pflanzensubstanz, und die Producte dieser Verbindung sind wieder Kohlensäure und Wasserdampf, welche durch die Spaltöffnungen abgegeben werden. Alle Lebensvorgänge der Pflanze sind von diesem Athmungsprocesse abhängig, sie werden eingestellt, sobald längere Zeit hindurch die Athmung, beziehungsweise die Aufnahme freien Sauerstoffes unterbrochen wird.

Es spielen sich also im Leben der Pflanze unausgesetzt zwei einander entgegenwirkende Vorgänge nebeneinander ab. Einerseits wird Kohlensäure und Wasser aufgenommen, daraus organische Substanz gebildet und freier Sauerstoff abgegeben, andererseits tritt freier Sauerstoff ein und wird Kohlensäure und Wasser ausgeschieden. Der Proceß der Zerlegung der Kohlensäure, der „Assimilationsproceß", verläuft jedoch nur bei genügender Belichtung. Mit der sinkenden Sonne wird er immer schwächer, um endlich während der Nacht ganz zur Ruhe zu kommen. Die Athmung der Pflanze währt aber die ganze Zeit ihres Lebens hindurch. Doch ist die Assimilation während des Tages weit energischer, und es wird viel mehr neue Substanz erzeugt als durch die Athmung während des Tages und der Nacht zerstört wird. Und so ist es erklärlich, daß trotz dieser beiden sich bekämpfenden Vorgänge die Pflanze doch wächst und an Gewicht zunimmt.

Die Entdeckung Ingenhouß' hat aber noch eine weitere interessante Schlußfolgerung nach sich gezogen, nämlich die, daß sich der Kohlenstoff in der Natur in einem ewigen Kreislaufe befindet. Der Organismus des Thieres zerlegt die aufgenommenen complicirten organischen Verbindungen in einfachere und benützt einen Theil derselben wieder zum Aufbau neuer Körpersubstanz, zur Bildung von Eiweiß, Fleisch und Fett, der andere Theil dient zur Erhaltung des Lebensprocesses, wobei er unter Mitwirkung des Luftsauerstoffes zerlegt, verbrannt wird. Die Endproducte dieser Verbrennung sind aber stickstoffhaltige Verbindungen, Kohlensäure und Wasser. Die stickstoffhaltigen Verbindungen werden hauptsächlich im Harne ausgeschieden, Kohlensäure und Wasserdampf dagegen werden von der Lunge und durch die Haut abgegeben. Dadurch würde schließlich die Luft zur Athmung untauglich werden, stellten nicht die Pflanzen durch die Aufnahme und Zerlegung der Kohlensäure das Gleichgewicht wieder her. Dadurch erklärt sich aber auch der gleichmäßige, nur sehr geringen Schwankungen unterworfene Gehalt der atmosphärischen Luft an Kohlensäure; er beträgt etwa vier bis fünf Theile in 10.000 Theilen. Diese geringe Menge, die immer wieder ersetzt wird, genügt

Digitized by Google

jedoch, der gesammten Pflanzen- und Thierwelt unserer Erde das Dasein zu ermöglichen. Der im Organismus der Pflanze und des Thieres in die verschiedensten Verbindungen eintretende Kohlenstoff kehrt immer wieder als Kohlensäure in die Luft zurück, und da die Materie ebenso unzerstörbar wie unerschaffbar ist, bleibt diese Menge auch stets die gleiche. Selbst jene gewaltigen Mengen von Kohlenstoff, die ursprünglich in der Luft enthalten waren und, nachdem sie Pflanzen zum Aufbaue gedient, sich jetzt als Steinkohle im Erdinneren vorfinden, leiten unsere Industrien wieder in diesen Kreislauf zurück. Denn die Kohle, welche wir unter dem Kessel verbrennen, wird wieder zur Kohlensäure, die neuerdings grünenden Saaten und rauschenden Wäldern zur Nahrung dient.

Die Existenz der Thierwelt ist somit von jener der Pflanzenwelt abhängig, und beide zusammen sind es wieder von der Sonne, denn nur unter dem Einflusse von Licht und Wärme vermag die Pflanze aus unbelebten Stoffen belebte, organische Substanz aufzubauen.

„Indes das Thier schon ausgebildete Körper verschlingt" — sagt G. Forster, den Moleschott nicht mit Unrecht den Lessing unter den Naturlehrern genannt hat — „sie zermalmt, aus ihrem zusammengesetzten Safte sich ergänzt und ihre unreinen Ueberreste von sich stößt, saugen diese feinen Röhr- und Zellengebilde die einfachsten Elemente begierig aus der Luft. Aus Sonnenlicht und Aetherfeuer gewebt, wie sonst nur Dichter träumen durften, lacht unserem Blick das sanfte Grün der Wälder und Fluren; und seh't: im unendlich zarten Geäder der Blumenkronen und der reifenden Früchte glüht der siebenfache Lichtstrahl und ziert die Pflanzenschöpfung mit seinem mannigfaltigen Farbenspiel."

Während aber die organischen Nährstoffe, Kohlensäure und Wasser den Pflanzen in unversiegbarer Menge zu Gebote stehen, ist dies bezüglich der anorganischen Nahrungsmittel nicht oder nur in begrenztem Maße der Fall. Wohl können wir in dem Verwitterungsproducte der Gesteine, in der Erde überall Phosphorsäure, Kali, Kalk u. s. w. nachweisen, und, wenn die Pflanzen an Ort und Stelle, an welchen sie gewachsen, bleiben und nach ihrem Tode verwesen, so werden diese anorganischen Stoffe auch dem Boden wieder zurückgegeben werden und neuen Pflanzengenerationen zur Nahrung dienen können.

Anders ist es dagegen mit unseren Culturpflanzen. Auch diese schöpfen die anorganischen Nährstoffe nur aus dem Boden, mit jeder Ernte entziehen wir diesem aber beträchtliche Mengen derselben, so daß endlich ein Mangel und eine Mißernte eintreten muß.

Wie uns nun die chemische Analyse lehrt, sind die meisten Böden reich, mitunter sogar sehr reich an Pflanzennährstoffen, unter welchen Kali, Stickstoff und Phosphorsäure die wichtigsten sind, da an ihnen am leichtesten ein Mangel eintritt, doch müssen diese Nährstoffe der Pflanze in einer solchen Form geboten werden, daß sie dieselben aufzunehmen vermag. Die Aufnahme der anorganischen Stoffe, welche durch die Wurzeln erfolgt, kann jedoch auch nur im gelösten Zustande geschehen, mit unlöslichen Verbindungen vermag die Pflanze nichts

Digitized by Google

anzufangen. Der Vorgang der Verwitterung, welcher aus himmelragenden Felsen den Ackerboden entstehen ließ, dauert aber unausgesetzt fort, und er bewirkt auch, daß stets neue Mengen der in der Erde vorhandenen Pflanzennährstoffe in lösliche, für die Pflanzen aufnehmbare Form übergehen.

Gegenüber dem Bedarfe unserer Culturpflanzen ist dieser natürliche Ersatz jedoch zu gering, um dauernd die gleichen hohen Ernten, wie sie ein jungfräulicher Boden von guter Beschaffenheit liefert, zu sichern. Zwar sammelt sich, wenn wir den Boden ein Jahr unbebaut lassen, wie dies durch die Brache geschieht, wieder eine solche Menge aufnehmbarer Nährstoffe an, daß der Ertrag für eine kurze Spanne Zeit gesichert ist, bei der zunehmenden Bevölkerung der meisten Länder werden jedoch an die Bodenproduction immer höhere Anforderungen gestellt, und um diesen nachzukommen, ist eine intensive Cultur nöthig, bei welcher der Boden Jahr für Jahr bebaut werden muß, so daß man ihm keine Ruhe zu gönnen vermag.

Man ist daher genöthigt, dem Boden jene Stoffe, welche ihm durch die Ernte entzogen werden, und die durch die Verwitterung nicht im gleichen Tempo nachgeschafft werden, besonders Kali, Stickstoff und Phosphorsäure künstlich zuzuführen, ihn zu düngen. Das erste und älteste Düngemittel ist der Stallmist, er enthält zwar die drei genannten Stoffe, doch nur in relativ geringer Menge, außerdem ist in den meisten Wirthschaften die Menge des erzeugten Stallmistes zu gering, um den Bedarf des Bodens an Stickstoff, Kali und Phosphorsäure zu decken. Dann ist noch ein weiterer Punkt zu beachten. Nicht alle Culturpflanzen erschöpfen den Boden in gleicher Weise. Während die Rübe eine sogenannte Kalipflanze ist, welche neben den anderen Nährstoffen besonders viel Kali dem Boden entnimmt, entziehen die Cerealien dem Boden vorzugsweise Phosphorsäure und Stickstoff, die Leguminosen sind wieder im Stande, ihren Stickstoffbedarf zum Theile wenigstens aus der Luft zu decken u. s. f. Wenn wir nun ausschließlich mit Stalldünger düngen, und uns bei Bemessung der Gabe stets nach jenem Pflanzennährstoffe richten, von welchem die Pflanze die größte Menge bedarf, so werden wir häufig mit den anderen im Dünger enthaltenen Nährstoffen Verschwendung treiben: Wir werden beispielsweise der Pflanze wohl genügend Kali, aber mehr Phosphorsäure und Stickstoff verabreichen, als sie bedarf.

Dies ist aber ausgeschlossen, sobald wir keinen „vollständigen" Dünger, welcher alle Nährstoffe enthält, anwenden, sondern sobald wir die drei genannten Nährstoffe gesondert auf das Feld bringen, und von jedem nur so viel, als die letzte Ernte dem Boden entzogen hat, beziehungsweise die zu erwartende benöthigen wird.

Dies angeregt und die Nützlichkeit künstlicher Düngemittel erwiesen zu haben, ist das Verdienst Liebig's. Er hat dadurch nicht nur die Erträge vermehrt und die Ernten gebessert, sondern er hat den Landwirth von der Beschaffenheit seines Bodens auch unabhängiger gemacht. Er braucht sich nicht mehr starr an eine bestimmte Fruchtfolge zu klammern, sondern kann sich bei der Wahl der zu

Digitized by Google

cultivirenden Pflanzen mehr nach dem augenblicklichen Bedarfe richten, er braucht nicht mehr die Größe seines Viehstandes der Ausdehnung seiner Felder anzupassen, er kann jedes Düngemittel in concentrirter Form beziehen, und zwar aus Quellen, welche ihn bereichern, ohne andere Felder an Nährstoffen zu verarmen, wie es beispielsweise der Fall ist, wenn ein Landwirth ausschließlich mit Stalldünger düngt, sein Vieh aber nur mit zugekauftem Futter, dessen Asche die Pflanzennährstoffe enthält, füttert. Ueberhaupt kann bei Anwendung der künstlichen Düngemittel der Landwirth viel intensiver wirthschaften, und er vermag jetzt sein, allerdings stets natürlichen Einflüssen unterworfenes Geschäft nach kaufmännischen Grundsätzen zu betreiben.

Mit Ausnahme von Kali, Stickstoff und Phosphorsäure sind alle Pflanzennährstoffe in der Regel in solcher Menge im Boden vorhanden, daß ihre Menge für ungezählte Ernten ausreicht; es müssen daher nur die drei ersten ersetzt werden. Die Natur bietet große Vorräthe solcher kali-, stickstoff- und phosphorsäurehaltiger Stoffe, doch nur in den seltensten Fällen in einer solchen Form, daß sie sogleich als Düngemittel verwendet werden können. Und hier ist der Punkt, wo die chemische Industrie dem Landwirthe zu Hilfe eilt. Sie formt aus den Rohmaterialien solche Stoffe, welche den Pflanzen zur Nahrung dienen können, sie führt sie in eine den Pflanzen zusagende Form über und übernimmt zum Theile wenigstens die Arbeit des Verwitterungsprocesses, indem sie in der Natur vorkommende unlösliche Verbindungen in lösliche überführt.

Drei Pflanzennährstoffe sind es also, welche in Form künstlicher Düngemittel den Pflanzen zugeführt werden, und zwar Kali, Stickstoff und Phosphorsäure.

Die kalihaltigen Düngemittel, welche heute in der Landwirthschaft Verwendung finden, stammen zum allergrößten Theile aus Staßfurt, zum geringen aus Kalusz, wo ebenfalls dem Staßfurter Vorkommen ähnliche Kalisalze gefördert werden. Die Bedeutung der Staßfurter Salzlager für die Industrie und für die Landwirthschaft haben wir schon geschildert, wir lernten dort auch die Verarbeitung dieser Rohstoffe kennen, so daß es genügt, hier auf das Gesagte zu verweisen.

Die beiden am häufigsten zu Düngungszwecken verwendeten Kalisalze sind unstreitig der Kainit und das schwefelsaure Kalium, welch letzteres in verschiedenem Zustande der Reinheit zur Anwendung gelangt. Der Kainit enthält 22 bis 24% schwefelsaures Kalium, die concentrirten Kalisalze dagegen 90 bis 95%, und es ist einleuchtend, daß besonders dann, wenn es sich um längeren Transport handelt, diese hochprocentigen Salze unbedingt den Vorzug verdienen.

Die Staßfurter Kalidünger gehen heute über die ganze Welt. Sie werden nicht nur von den deutschen Landwirthen angewendet, sie ermöglichen in Verbindung mit der Thomasschlacke nicht nur, die Moorböden ertragsfähig zu machen, sondern auch die Kaffeeplantagen, Tabakfelder, Mais- und Baumwollpflanzungen Ceylons und Amerikas werden mit Kalisalzen gedüngt, die zu Staßfurt aus der Erde gegraben wurden.

Digitized by Google

Ohne sich einer Uebertreibung schuldig zu machen, kann man sagen, daß der ganze moderne Landwirthschaftsbetrieb der Welt in seinen intensiven Formen mehr oder minder von den Staßfurter Kalisalzen abhängig ist, wie von hier aus überhaupt fast die ganze Welt mit Kali versorgt wird. Würden die Staßfurter Lager plötzlich erschöpft, so wäre dies für die Bodenproduction und damit für das Menschengeschlecht von geradezu unabsehbaren Folgen. Glücklicherweise sind die Kalisalzvorräthe Staßfurts so bedeutend, daß an eine Erschöpfung in absehbarer Zeit nicht zu denken ist, und ein Mangel an Kalidüngern sobald nicht eintreten kann.

Einer größeren Mannigfaltigkeit als bei den Kalisalzen begegnen wir bei den stickstoffhaltigen Düngemitteln. Doch haben wir auch hier die Gewinnung und Verarbeitung der wichtigsten derselben, des Chilisalpeters aus dem Rohmateriale, der Caliche, und des schwefelsauren Ammons aus den Gaswässern schon kennen gelernt. Außer diesen werden auch verschiedene stickstoffhaltige Substanzen organischer Natur, wie Blutmehl, Hornmehl, Ledermehl u. s. f. angewendet. Im Boden erleiden diese Substanzen eine Zersetzung, wobei endlich ihr Stickstoff in Salpetersäure, beziehungsweise salpetersaure Salze übergeht, diese allein sind es, welche von den Pflanzen aufgenommen werden können.

In der gleichen Weise, wie die Natur für eine fortwährende Neubildung aufnahmsfähiger Kalium- und Phosphorsäureverbindungen im Boden durch die Verwitterung sorgt, findet auch eine Anreicherung des Bodens an Stickstoff statt, doch leider auch nicht in solcher Menge, daß eine künstliche Düngung bei intensiver Cultur überflüssig würde.

Wohl enthält die unseren Erdball umgebende Luft ungeheuere Mengen dieses wichtigen Pflanzennährstoffes, doch leider nicht in solcher Form, daß er von den Pflanzen — mit wenigen Ausnahmen — nutzbar gemacht werden könnte. Jeder Regen bringt aber etwas Stickstoff in Form von kohlensaurem Ammon und salpetersaurem Ammon zur Erde. Das erstgenannte Salz entsteht bei der Fäulnis organischer Substanzen, salpetersaures Ammon bildet sich dagegen, wenn starke elektrische Entladungen auf ein Gemisch von Stickstoff und Sauerstoff, wie es die Luft ist, einwirken, und dies ist bei jedem Gewitter der Fall. Wie man jedoch berechnet hat, beträgt die Menge des durch die Niederschläge dem Boden zugeführten Stickstoffes im Laufe eines Jahres höchstens 3 kg pro Hektar, und mit dieser Menge vermag man eine gute Ernte leider nicht zu erzielen, so daß stets eine künstliche Zufuhr von Stickstoffverbindungen nöthig ist. Eine Ausnahme machen nur die meisten Moorböden, welche so reich an Stickstoff sind, daß eine Düngung mit Kali und Phosphorsäure genügt. Allerdings ist der Stickstoff in den Moorböden auch nicht in einer direct für die Pflanze aufnehmbaren Form vorhanden, sondern in Form organischer Verbindungen, die erst eine Umwandlung erfahren müssen. Doch wird in der Regel eine für den Stickstoffbedarf der Pflanzen ausreichende Menge alljährlich umgewandelt, trotzdem wird mitunter auch auf Moorböden durch eine Stickstoffdüngung der Ertrag bedeutend gesteigert.

Digitized by Google

Wir erwähnten, daß im Boden Stickstoff in organischer Form, und Ammoniakstickstoff in salpetersaure Salze übergehen. Fragen wir uns nach der Ursache dieser Umwandlung, so müssen wir diese nach den Ergebnissen zahlreicher bakteriologischer Untersuchungen einzig und allein auf die Thätigkeit mikroskopischer Lebewesen, von Bakterien zurückführen. Diese sind es, welche die so wichtige Veränderung vornehmen und für die Umwandlung der Stickstoffverbindungen in eine für die Pflanze aufnahmsfähige Form Sorge tragen.

Im Boden finden sich aber auch andere Bakterienformen vor, welche befähigt sind, den Stickstoff der Luft direct nutzbar zu machen, indem sie diesen in Salpetersäure, beziehungsweise salpetersaure Salze überführen. Dabei ist unter Umständen die Production von Nitraten (salpetersauren Salzen) größer, als der Verbrauch zum Aufbaue der Bakterien selbst, und in diesem Falle findet also thatsächlich durch die Thätigkeit dieser Lebewesen eine Bereicherung des Ackerbodens an solchem Stickstoffe statt, der ursprünglich als freier Stickstoff der Luft vorhanden war.

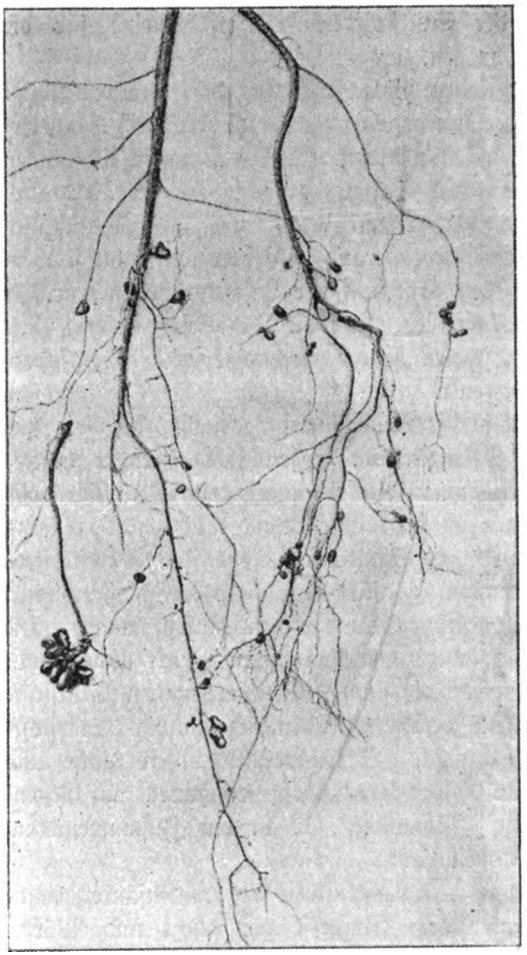
Gewisse Bakterienformen aber, welchen ebenfalls die Fähigkeit zukommt, den gasförmigen Stickstoff zu assimiliren, spielen jedoch noch eine weit bedeutendere Rolle in der Landwirthschaft als man denkt.

Schon vor langer Zeit hatte man die Beobachtung gemacht, daß die zur Familie der Leguminosen gehörenden Pflanzen den Boden stickstoffreicher hinterlassen als er vor der Ernte war, weshalb man diese Pflanzen auch als „Stickstoffsammler" bezeichnete. Nur konnte man sich diese Erscheinung nicht recht erklären, und nahm bald an, daß die Leguminosen im Stande sind, das in der Luft stets in sehr geringer Menge vorhandene Ammon zu assimiliren, bald sprach man ihnen die Fähigkeit zu, sich direct den atmosphärischen Stickstoff nutzbar zu machen. Die moderne bakteriologische Forschung hat aber auch über diesen Punkt volles Licht verbreitet und hat gezeigt, daß es gerade die schon früher erwähnten Stickstoffbakterien sind, welche den Leguminosen zu der zutreffenden Bezeichnung „Stickstoffsammler" verhelfen. Zwischen den Leguminosen, zu welchen unsere Linse und Erbse ꝛc. gehört, und gewissen Bakterien besteht nämlich ein bestimmtes, auf Gegenseitigkeit begründetes Verhältnis, eine „Symbiose", d. h. ein Zusammenleben, wobei jeder Theil von dem anderen Nutzen zieht.

Die grüne Pflanze ist befähigt, aus dem Kohlenstoffe der Kohlensäure, welche sie durch die Blätter aufnimmt, unter dem Einflusse von Licht und Wärme organische, kohlenstoffhaltige Verbindungen zu erzeugen, welche jedoch nicht nur zum Aufbaue der grünen Pflanze, sondern auch zur Entwickelung dieser Stickstoffbakterien unerläßlich sind, und thatsächlich beziehen diese ihren Bedarf an kohlenstoffhaltigen Verbindungen von der grünen Pflanze, mit welcher sie in Symbiose leben. Wäre nun dieses Verhältnis nur einseitig, d. h. würden die Stickstoffbakterien der grünen Pflanze ohne irgend eine Gegenleistung nur kohlenstoffhaltige Verbindungen wegnehmen, so müßten wir sie als Schmarotzer betrachten. Nun produciren diese aber aus dem atmosphärischen Stickstoffe Nitrate im Ueberschuß, welche wieder zur Ernährung und zum Aufbaue der grünen Pflanze dienen, die

Digitized by Google

den Stickstoff der Nitrate in organische stickstoffhaltige Verbindungen (Eiweißkörper ꝛc.) überführt, und dadurch erwachsen beiden Lebewesen, der grünen Pflanze und dem Spaltpilze, Vortheile, ja sie sind bis zu einem gewissen Grade geradezu aufeinander angewiesen.



Knöllchen an den Wurzeln der Leguminosen.

Die erwähnte Symbiose hat aber eine Veränderung an den Pflanzen selbst im Gefolge. An ihren Wurzeln entwickeln sich nämlich Knöllchen, und in diesen schlagen die stickstoff-assimilirenden Bakterien ihren Wohnsitz auf. Indem sie zunächst in die Pflanzenwurzeln einwandern, verursachen sie dort eigenthümliche Gewebewucherungen, die zur Bildung dieser Knöllchen führen, und die auch zunächst mit den erwähnten Bakterien erfüllt sind. Nach und nach erfahren diese aber eine Umbildung, es entstehen besondere Gebilde, die Bakteroïden, welch letztere vermöge der netzförmigen Anordnung der Zellen dieser Knöllchen der Luft eine große Oberfläche darbieten. In diesen Bakteroïden nun vollzieht sich die Umwandlung des atmosphärischen Stickstoffes in Nitrate, welche die Pflanze assimilirt.

Als man dieses eigenthümliche Verhältnis der Stickstoffbakterien zu den Leguminosen erkannt hatte, war man auch darauf bedacht, diese Erfahrung direct der Landwirthschaft nutzbar zu machen, und zwar in jenen Fällen, in welchen sich die Leguminosen wegen des Fehlens der Stickstoffbakterien im Boden nur kümmerlich entwickeln konnten. Man braucht dann nur solchen Boden zu „impfen“, indem man ihn mit bakterienführender Erde bestreut.

Die Beschaffung solcher bakterienführender Erde ist aber unter Umständen eine mißliche Sache, und es ist sogar der Fall denkbar, daß man mit solcher Erde geradezu pflanzenschädliche Bakterien in den Boden bringt. Man ging daher in ähnlicher Weise vor, wie beispielsweise bei Bereitung des Impfstoffes gegen die

Digitized by Google

Blattern: Man stellte Reinculturen der mit den Leguminosen in Symbiose lebenden Bakterien her, welche also nur die salpeterbildenden Bakterien enthalten, und benützte diese Reinculturen, welche unter der Bezeichnung „Nitragin" in den Handel gebracht werden, zur Impfung des Bodens.

Mit Hilfe dieser kleinsten Lebewesen, der Stickstoffbakterien, ist also der Landwirth im Stande, sich thatsächlich einen Theil des atmosphärischen Stickstoffes nutzbar zu machen, den Stickstoffvorrath seiner Wirthschaft durch zweckmäßigen Anbau von Leguminosen zu vermehren, und — was bei der augenblicklichen Lage der Landwirthschaft besonders wünschenswerth erscheint — die Kosten der Production durch Ersparnis an stickstoffhaltigem Dünger zu vermindern.

Es ist dies ein schönes Beispiel, wie selbst eine so junge Wissenschaft, wie es die Bakteriologie ist, einen uralten Productionszweig zu fördern und zu unterstützen vermag. Ja, es ist sogar mit Sicherheit zu gewärtigen, daß die Landwirthschaft noch manche Aufklärung über bisher noch nicht genügend gekannte Vorgänge aus dem Laboratorium des Bakteriologen erhalten wird.

Obwohl nicht eigentlich in den Rahmen dieses Buches gehörend, wollen wir doch dieses interessante Thema noch weiter verfolgen, um daraus zu ersehen, welche hochwichtige Rolle die Bakterien in der Landwirthschaft zu spielen berufen sind.

Wenn der Stalldünger auf der Düngerstätte liegt, so erleidet er Verluste an Stickstoff, welcher in Form von kohlensaurem Ammon und von freiem Ammoniak entweicht. Der Dünger wird also immer ärmer an dem so werthvollen Stickstoffe. Man sollte daher meinen, daß die Wirkung des Düngers eine um so bessere sein muß, je frischer er auf das Feld gebracht wird, da er dann noch den vollen Gehalt an Stickstoffverbindungen besitzt. Die Praxis hat dagegen schon lange das gerade umgekehrte Verhalten beobachtet: Alter verrotteter Stalldünger, welcher schon eine ansehnliche Menge Stickstoff verloren hat, wirkt besser als frischer, der noch die Gesammtmenge des Stickstoffes enthält.

Man wußte diese durch zahlreiche Beobachtungen erhärtete Wahrnehmung nicht zu erklären und begnügte sich schließlich, mit der nackten Thatsache zu rechnen. Die letzten Jahre haben aber auch darüber eine ebenso klare als werthvolle Aufklärung gegeben.

Der bakteriologischen Forschung gelang es nämlich, eine Anzahl von Bakterien aufzufinden, deren Thätigkeit jener der oben erwähnten nitrificirenden direct entgegengesetzt ist. Während die erstgenannten Stickstoff aus organischen Verbindungen unter Vermittlung des Luftsauerstoffes zu Salpetersäure oxydiren, zersetzen die denitrificirenden Mikroorganismen die salpetersauren Salze und scheiden den Stickstoff in gasförmigem Zustande wieder ab. Sie bedingen also neben zahlreichen anderen Fäulnisbakterien, welche nur Ammoniak abspalten, namhafte Verluste an diesem theuersten aller Pflanzennährstoffe.

Wie alle Lebewesen, benöthigen aber auch die Bakterien ein Substrat, einen Nährboden, aus welchem sie gleich der Pflanze die zu ihrem Aufbaue nöthigen Stoffe zu schöpfen vermögen. Man hat nun gefunden, daß der geeignetste Nähr-

Digitized by Google

boden für diese salpeterzersetzenden Bakterien das Stroh und die festen Excremente sind, also zwei Stoffe, die der Hauptsache nach den Stalldünger bilden. Wie nun Schneidewind und Krüger mit voller Sicherheit nachweisen konnten, sind es wieder besondere im Stroh und in den Excrementen enthaltene Stoffe, die zur Gruppe der Kohlehydrate gehörenden Pentosane — Verbindungen, welche nur aus den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen — welche in erster Linie den denitrificirenden Bakterien zur Nahrung dienen. Neben diesen, allerdings erst nach gewissen Umwandlungen, welche ebenfalls durch Bakterien bedingt werden, vermag auch die im Stroh in so reichem Maße vorhandene Cellulose zu ihrer Ernährung beizutragen. Wir sehen also, daß gerade der Stalldünger einen ganz vortrefflichen Nährboden für die den Salpeter zu Stickstoff reducirenden Bakterien abgiebt.

Nun finden sich diese denitrificirenden Bakterien nicht nur im Stalldünger, man konnte sie vielmehr überall im Boden nachweisen, sie haften am Saatgute, und auch im Wasser sind sie vorhanden. Wenn wir nun den an Pentosan reichen Stalldünger in den Boden bringen, so führen wir damit den dort schon vorhandenen denitrificirenden Bakterien eine gute Nährstoffquelle zu, sie vermögen sich kräftig zu entwickeln und zu vermehren und nun arbeiten sie so lebhaft, daß binnen kurzer Zeit fast aller in Form salpetersaurer Salze vorhandener Stickstoff zerstört und den Pflanzen weggenommen wird. Von diesem Schicksale wird aber nicht nur der im Stalldünger vorhandene Salpeterstickstoff betroffen, sondern auch die schon im Boden vorhandenen Nitrate unterliegen dem Zerfalle, und die Folge ist, daß trotz der Düngung die Pflanzen an Stickstoffhunger leiden und sich in Folge dessen nur sehr kümmerlich entwickeln können.

Durch Versuche läßt sich die Richtigkeit dieser Beobachtungen sehr schön zeigen. Pflanzt man beispielsweise in einen Topf, der mit einer im guten Düngungszustande befindlichen Erde gefüllt ist, Senf, in einen zweiten mit derselben Erde, aber auch einigen Grammen zerkleinerten Strohes beschickten Topf ebenfalls Senf, und läßt man die Pflanzen sich entwickeln, so wird man wahrnehmen, daß nur die im ersten Topfe gedeihenden Individuen ein normales Wachsthum zeigen, während die im zweiten Topfe ausgesäeten und aufgegangenen bald in ihrer Entwickelung zurückbleiben und verkümmern. Führt man den Versuch in der Weise durch, daß man mehrere Töpfe mit genau der gleichen Erde, aber mit steigenden Mengen Stroh beschickt und dann bepflanzt, so wird man wahrnehmen, daß die Entwickelung der Pflanzen um so kümmerlicher wird, je mehr Stroh im Boden enthalten ist; auch ist die Erscheinung vom Feinheitsgrade des Strohes abhängig, je inniger es zerkleinert wurde, desto größer ist die Wirkung. Die gleiche Erscheinung kann auch dadurch hervorgerufen werden, daß man dem Boden wechselnde Mengen Pentosan zusetzt. Die Wirkung aber stellt sich nicht ein, wenn der Boden nur mit einem wässerigen Auszuge von Koth und Stroh begossen wird, da in diesem keine Pentosane enthalten sind. Dagegen — und dies ist das „experimentum crucis" — ist die gleiche Erscheinung bei Anwendung sterilisirten Düngers, welcher also keine lebenden denitrificrenden Bakterien mehr enthält, wahrnehmbar. Denn im

Digitized by Google

Ohne Zusatz.

25 g Pentosan.

25 g Holzfaser.

25 g Stroh, grob.

25 g Stroh, mittelfein.

25 g Stroh, staubfein.

50 g Stroh, grob.

50 g Stroh, mittelfein.

50 g Stroh, staubfein.

Vegetationsversuche zur Demonstration der Wirkung denitrificirender Bakterien.

Digitized by Google

Boden finden sich genug solcher Bakterien vor, die in dem Pentosan des Düngers eine ergiebige Nährstoffquelle finden.

Die Abbildungen auf Seite 303, welche nach Photographien solcher Vegetationsversuche angefertigt wurden, lassen dies deutlich erkennen. Jedes der neun Gefäße war mit einem Gemische von 90% Sand und 10% guter Ackererde gefüllt worden, außerdem hatte es noch eine Düngung von 0·2 g Stickstoff in Form von Salpeter erhalten, nebst wechselnden Mengen Pentosan, Holzfaser und Stroh in verschiedenen Zuständen der Zerkleinerung. Das Gefäß Nr. 643 war ohne jeden Zusatz außer der Stickstoffgabe geblieben; hier hatte sich der angebaute Senf normal entwickelt. Im Gefäße 648 dagegen machte sich die Wirkung von 25 g Pentosan, welches den stickstoffzerstörenden Bakterien als Nährstoff gedient hatte, dadurch geltend, daß die Senfpflanzen sich nur äußerst kümmerlich und spärlich entwickeln konnten. Aehnliche Wahrnehmungen machen wir bei den anderen Gefäßen, welche Holzfaser (Cellulose) und Stroh als Beigabe erhalten hatten: mit stärkerer Strohgabe und stärkerer Zerkleinerung des Strohes geht die Entwickelung der Senfpflanzen zurück, da eben auch die im Stroh enthaltenen Pentosane den denitrificirenden Bakterien als Nährstoffquelle dienen und von diesen um so leichter aufgenommen werden, je feiner das Stroh zertheilt, je inniger die einzelnen Theile mit der Erde gemengt sind.

Wie ist aber nun der bedeutende Unterschied in der Wirkung frischen, stickstoffreicheren und des alten, stickstoffärmeren Stalldüngers zu Gunsten des letzteren zu erklären? Einfach in der Weise, daß auch die Pentosane ꝛc. beim Lagern des Düngers eine solche Veränderung erleiden, daß sie den Bakterien nicht mehr, oder nicht mehr in so günstiger Weise zur Nahrung dienen können. Allerdings ist verrotteter Dünger ärmer an Nitraten als frischer, diese kommen aber, nebst den schon im Boden vorhandenen der Pflanze zugute, es mangelt den denitrificirenden Bakterien die Nährstoffquelle und sie können ihre schädliche Thätigkeit entweder überhaupt nicht mehr, oder doch nur in sehr geringem Maße ausüben.

Mit diesen und ähnlichen Versuchen und Forschungen wäre aber der Landwirthschaft recht wenig genützt, wenn sie nicht auch gleichzeitig gestatten würden, daraus Verhaltungsmaßregeln für die Praxis abzuleiten, die rationelle Behandlung des Stalldüngers betreffend.

Am glücklichsten dürfte diese Frage wohl durch den Vorschlag von Professor Soxhlet in München gelöst worden sein. Der genannte Forscher empfiehlt nämlich, den Harn getrennt von den Excrementen der Thiere und der Einstreu aufzubewahren, und diese ruhig der Zersetzung, wobei die Pentosane zerstört werden, zu überlassen; eine Vereinigung hat erst auf dem Felde zu erfolgen. Da wir ferner in der Lage sind, den Stickstoff des Harnes, der sonst zum großen Theile bei der Fäulnis desselben entweicht, zu conserviren, indem wir den Harn mit Schwefelsäure ansäuern und dauernd sauer erhalten, wird nicht nur ein großer Theil des sonst unbenützt in die Luft entweichenden Stickstoffes festgehalten, sondern wir führen dann mit den Excrementen und der Einstreu auch den denitrificirenden

Digitized by Google

Bakterien keine reichen Nährstoffquellen mehr zu, so daß die Verluste an Stickstoff auf das unvermeidliche Minimum verringert werden.

Allerdings muß über diese neue Behandlungsweise des Stalldüngers erst die Praxis das letzte und entscheidende Wort sprechen; da aber schon jetzt gesagt werden kann, daß dieser Vorgang nur Vortheile mit sich bringt, so ist wohl anzunehmen, daß sich nach und nach, allerdings mit der bei Neuerungen auf landwirthschaftlichem Gebiete noch immer traditionellen Langsamkeit, auch dieser zweckmäßige Vorschlag Bahn brechen wird. Wenn man aber sieht, wie heute noch auf zahlreichen kleinen Wirthschaften der Stalldünger malträtirt, anstatt gepflegt wird, wie er schutzlos dem Regen und der Sonnenhitze preisgegeben ist, wenn man sieht, wie die Jauche und die durch den Regen ausgelaugten werthvollen Stoffe ungehindert dem nächsten Bache zufließen und diesen verpesten, dann mag man wohl im Rechte sein, wenn man sagt, daß noch viele, viele Jahre vergehen werden, ehe die Erkenntnis des Besseren zum Gemeingute Aller geworden sein wird. — —

Nach dieser Abschweifung auf ein uns zwar etwas ferner liegendes, aber trotzdem hochinteressantes Gebiet wenden wir uns jetzt der dritten Gruppe der künstlichen Düngemittel, den phosphorsäurehaltigen zu.

In der Natur ist die Phosphorsäure ziemlich verbreitet. Wir können sie in den meisten Gesteinen nachweisen, außerdem werden bedeutende Lager von Mineralien ausgebeutet, welche sehr reich an Phosphorsäure sind. Die Form aber, in welcher diese Phosphate die Phosphorsäure enthalten, ist eine solche, daß sie den Pflanzen nicht zur Nahrung dienen kann, denn im Wasser ist sie nahezu vollkommen unlöslich. Allerdings vermag kohlensäurehaltiges Wasser — und das im Boden befindliche Wasser enthält stets Kohlensäure, welche von den in Verwesung befindlichen organischen Substanzen stammt — aus den Phosphaten, besonders wenn sie in sehr feiner Mahlung den Pflanzen geboten werden, Phosphorsäure zu lösen, doch ist diese Menge sehr gering, und eine Düngung mit mineralischen Phosphaten wird den Pflanzen nur geringe Vortheile bringen, wenn auch einzelne Phosphate mitunter leichter in kohlensäurehaltigem Wasser löslich sind, und dann mit einem gewissen Erfolge direct zur Düngung verwendet werden können.

Sollen sie dagegen eine kräftige Wirkung äußern, so müssen sie zuvor, getreu dem alten Satze: „Corpora non agunt, nisi fluida" — die Körper wirken nur im gelösten Zustande — in eine leicht lösliche Form übergeführt werden. Man erreicht dies durch Behandlung mit Schwefelsäure, durch die „Aufschließung". Ehe wir aber auf diesen Proceß näher eingehen, wollen wir uns mit den Eigenschaften der Salze der Phosphorsäure vertraut machen.

Die Phosphorsäure besteht aus den Elementen Phosphor, Sauerstoff und Wasserstoff, und zwar enthält sie drei durch Metalle vertretbare Wasserstoffatome. Dem chemischen Sprachgebrauche nach wird eine solche Säure als dreibasisch bezeichnet, im Gegensatze zu der einbasischen Salzsäure und der zweibasischen Schwefelsäure, welche nur ein, beziehungsweise zwei durch Metalle vertretbare



Digitized by Google

Wasserstoffatome besitzen. Wenn wir uns also ein Molecül der Phosphorsäure vergegenwärtigen wollen, so kann dies durch folgendes Schema geschehen:

Wasserstoff
Wasserstoff } Phosphor, Sauerstoff.
Wasserstoff

Diese drei Wasserstoffatome können nun durch Metallatome vertreten werden, doch ist es nicht unbedingt nöthig, daß gleichzeitig alle drei Wasserstoffatome ersetzt werden, vielmehr kennen wir drei Salze der Phosphorsäure, je nachdem nur ein, zwei, oder alle drei Wasserstoffatome durch ein Metall ersetzt werden. Wenn wir also die drei Wasserstoffatome der Reihe nach durch Natrium ersetzen, so erhalten wir folgende Verbindungen:

Natrium
Wasserstoff } Phosphor, Sauerstoff.
Wasserstoff

Natrium
Natrium } Phosphor, Sauerstoff.
Wasserstoff

Natrium
Natrium } Phosphor, Sauerstoff.
Natrium

Man pflegt diese Salze in der angegebenen Reihenfolge als das primäre oder saure, das secundäre oder halbsaure und als das tertiäre oder neutrale phosphorsaure Natrium zu bezeichnen.

Wir sehen also, daß die Zahl der Salze, welche eine Säure zu bilden vermag, mit der Anzahl der vertretbaren Wasserstoffatome zunimmt. Die einbasische Salzsäure bildet mit Natrium nur ein Salz, das Chlornatrium, die zweibasische Schwefelsäure dagegen schon zwei, je nachdem alle beide oder nur ein Wasserstoffatom durch Natrium vertreten wird. Wir bezeichnen diese beiden Salze als das neutrale oder normale, und als das saure schwefelsaure Natrium. Die Phosphorsäure, welche über drei vertretbare Wasserstoffatome verfügt, bildet demnach drei Reihen von Salzen.

Die Alkalimetalle Natrium und Kalium sind sogenannte einwerthige Metalle, d. h. ein Atom Natrium oder Kalium vermag nur ein Wasserstoffatom zu ersetzen. Wir kennen jedoch auch zweiwerthige Metalle, wie die Erdalkalimetalle Calcium, Barium und Strontium, ferner das Magnesium, von welchen jedes Atom zwei Wasserstoffatome vertreten kann.

In der Natur kommt die Phosphorsäure stets in Form des neutralen Kalksalzes vor. Da aber, wie wir gesehen haben, das Calcium zweiwerthig ist, so müssen, soll ein normales, also keinen vertretbaren Wasserstoff mehr enthaltendes Calciumsalz der Phosphorsäure entstehen, zwei Molecüle derselben zusammentreten, so daß zusammen sechs Wasserstoffatome durch drei zweiwerthige Calciumatome vertreten werden. Da nämlich die Atome keiner weiteren Theilung fähig sind, können halbe Atome auch nicht vorkommen. Der tertiäre phosphorsaure Kalk, auch

Digitized by Google

dreibasisch phosphorsaurer Kalk genannt, würde also durch folgendes Schema veranschaulicht werden:

$$\left.\begin{matrix}\text{Calcium}\\ \text{Calcium}\\ \text{Calcium}\end{matrix}\right\}\begin{matrix}\text{Phosphor, Sauerstoff.}\\ \text{Phosphor, Sauerstoff.}\end{matrix}$$

Dieses Salz kommt in der Natur vor, und ist in kohlensäurehaltigem Wasser nur sehr wenig löslich, so daß eine Düngung mit dem tertiären Salze nicht den gewünschten Zweck, den Culturpflanzen Phosphorsäure in leicht aufnehmbarer Form zuzuführen, erfüllen würde.

Dagegen kennen wir noch zwei andere Kalksalze der Phosphorsäure, welche dem secundären und dem primären Natriumsalz analog zusammengesetzt sind:

$$\left.\begin{matrix}\text{Wasserstoff}\\ \text{Calcium}\end{matrix}\right\}\text{Phosphor, Sauerstoff.}$$

In dieser Verbindung sind zwei Wasserstoffatome in einem Molecül Phosphorsäure durch ein (zweiwerthiges) Calciumatom vertreten, und:

$$\left.\begin{matrix}\text{Wasserstoff}\\ \text{Wasserstoff}\end{matrix}\right\}\text{Phosphor, Sauerstoff}$$
$$\text{Calcium}$$
$$\left.\begin{matrix}\text{Wasserstoff}\\ \text{Wasserstoff}\end{matrix}\right\}\text{Phosphor, Sauerstoff}$$

das primäre Salz, in welchem in zwei Molecülen Phosphorsäure je ein Wasserstoffatom durch eine Werthigkeit des Calciums vertreten ist.

Während nun das tertiäre, und auch das secundäre Calciumsalz der Phosphorsäure in Wasser nur sehr wenig löslich sind, ist das primäre Salz sehr leicht löslich, und diese Verbindung ist es, deren Herstellung bei der Aufschließung der Phosphate angestrebt wird.

Wenn wir die drei Schemata, welche die Zusammensetzung der Calciumsalze der Phosphorsäure veranschaulichen, betrachten, so sehen wir, daß das tertiäre Salz in einem Molecül eineinhalb, das secundäre ein und das primäre Salz ein halbes Atom Calcium enthält. Um aus dem tertiären Salze somit das primäre darzustellen, müssen wir der erstgenannten Verbindung Calcium entziehen. Wir erreichen dies durch das uns schon bekannte Verfahren, bei welchem der Stärkere den Schwächeren verdrängt. Setzen wir dem tertiären phosphorsauren Kalk Schwefelsäure zu, so bemächtigt sich diese, falls wir einen Ueberschuß verwenden, der Gesammtmenge des Calciums, und bildet mit diesem Gips, während die Phosphorsäure in Freiheit gesetzt wird. Wenden wir eine geringere Menge an, als erforderlich ist, um alle Calciumatome zu binden, so können wir, je nach der Menge der zugesetzten Schwefelsäure, das secundäre oder das primäre Salz darstellen.

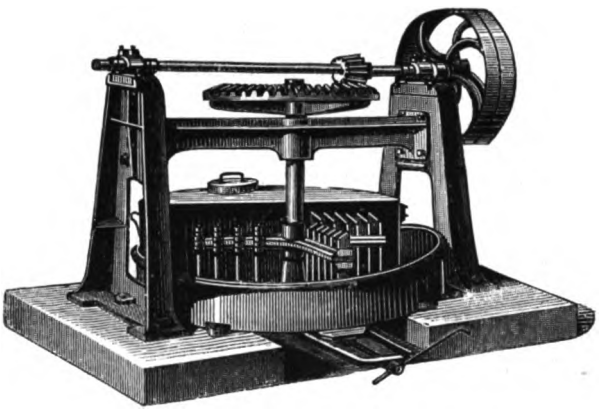
So einfach nun dieser Proceß in der Theorie aussieht, so complicirt ist seine Ausführung in der Praxis. Die Superphosphate — so heißen nämlich die



Digitized by Google

durch Aufschließung der Phosphorite oder anderer phosphorsäurehaltiger Materialien gewonnenen Düngemittel — werden nämlich nach dem Gehalte an in Wasser löslicher Phosphorsäure verkauft und bezahlt. Der Fabrikant hat also ein Interesse daran, womöglich die Gesammtmenge des tertiären Salzes in das primäre überzuführen. Dabei muß er sich jedoch hüten, mehr Schwefelsäure als dazu erforderlich ist, zuzusetzen, denn dann würde freie Phosphorsäure entstehen. Diese ist nun allerdings auch in Wasser löslich, doch bewirkt sie, falls sie in größerer Menge vorhanden ist, daß die Superphosphate feucht bleiben, zu Klumpen zusammenballen, und nicht streufähig werden, wodurch ihr Handelswerth eine Verminderung erfährt.

Es muß daher, bevor zur Aufschließung geschritten wird, stets zunächst der Analytiker genau die Menge des in dem aufzuschließenden Rohmaterial vorhandenen tertiären phosphorsauren Kalkes bestimmen. Danach wird dann die Menge der zur Bildung des primären Salzes erforderlichen Schwefelsäure berechnet, wobei noch zu berücksichtigen ist, daß eventuell vorhandene Magnesiumverbindungen der Phosphorsäure zur Zersetzung andere Mengen Schwefelsäure benöthigen, wie das Kalksalz. Viele Rohmaterialien enthalten überdies noch kohlensauren Kalk, der ebenfalls durch die Schwefelsäure zerlegt wird u. s. w. u. s. w. Es sind also zahlreiche Momente zu beachten, und um sicher zu gehen, daß nicht doch freie Phosphorsäure entsteht, wird die Menge der Aufschließsäure etwas kleiner genommen, als es die Theorie erfordert, so daß ein geringer Antheil des tertiären Salzes unzersetzt bleibt.



Mischmaschine.

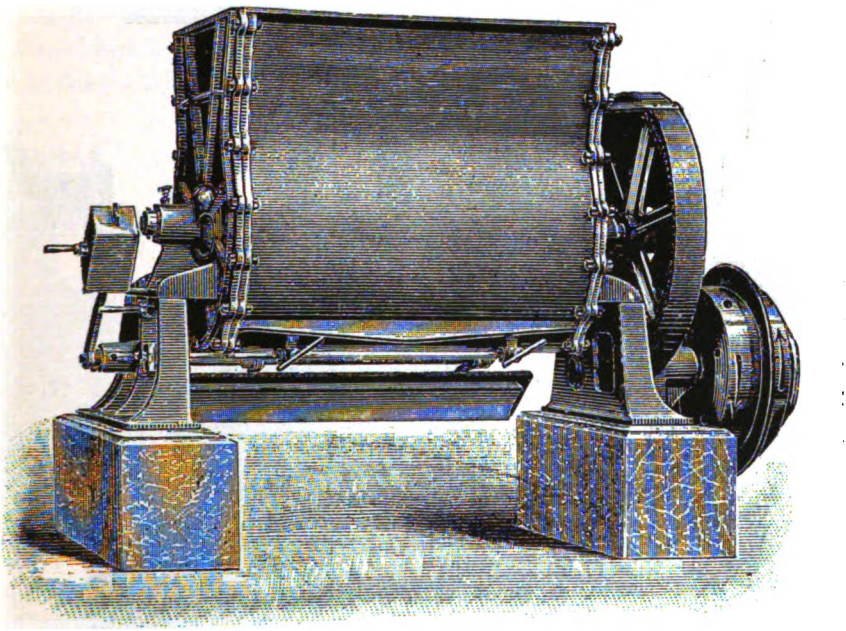
Die Aufschließung selbst kann in sehr einfacher Weise vorgenommen werden, wobei dann die Handarbeit eine Hauptrolle spielt. In den großen Düngerfabriken besorgen dagegen besondere Maschinen den allergrößten Theil der Arbeit. Vor der Behandlung mit Schwefelsäure muß jedoch das Rohmaterial, einerlei ob dies nun Phosphorite, zu denen auch die Koprolithe, das sind versteinerte Excremente vorweltlicher Thiere, gehören, oder Knochen ꝛc. sind, entsprechend zerkleinert werden, denn nur dann ist eine innige Mischung mit Schwefelsäure möglich.

Wird die Darstellung der Superphosphate durch Handarbeit ausgeführt, so bringt man zunächst die berechnete Menge Schwefelsäure in einen hölzernen, mit Blei ausgelegten Kasten oder in eine mit säurefesten Steinen ausgelegte Grube

Digitized by Google

und vertheilt dann das am Rande aufgefahrene Phosphat gleichmäßig über die ganze Fläche. Nun tritt eine sehr heftige Reaction ein, die Masse erwärmt sich, ein Theil des Wassers der Schwefelsäure verdampft, und gleichzeitig entweicht auch unter starkem Brausen die Kohlensäure. Enthält das Rohmaterial, wie alle Phosphorite Fluorverbindungen, so entweicht gleichzeitig auch Fluorwasserstoff, durch welchen die Arbeiter sehr belästigt werden.

Durch beständiges Umrühren wird für ein gründliches Vermengen des Rohmateriales mit der Säure Sorge getragen, die anfangs flüssige Masse nimmt



Mischmaschine von Werner & Pfleiderer.

rasch an Consistenz zu, und kann nach kurzer Zeit aus dem Mischbehälter ausgestochen und auf Haufen geworfen werden. Hier bleibt sie ruhig liegen, bis sie vollständig erkaltet ist; ist in richtiger Weise gearbeitet werden, so ist dann auch das Product vollkommen trocken.

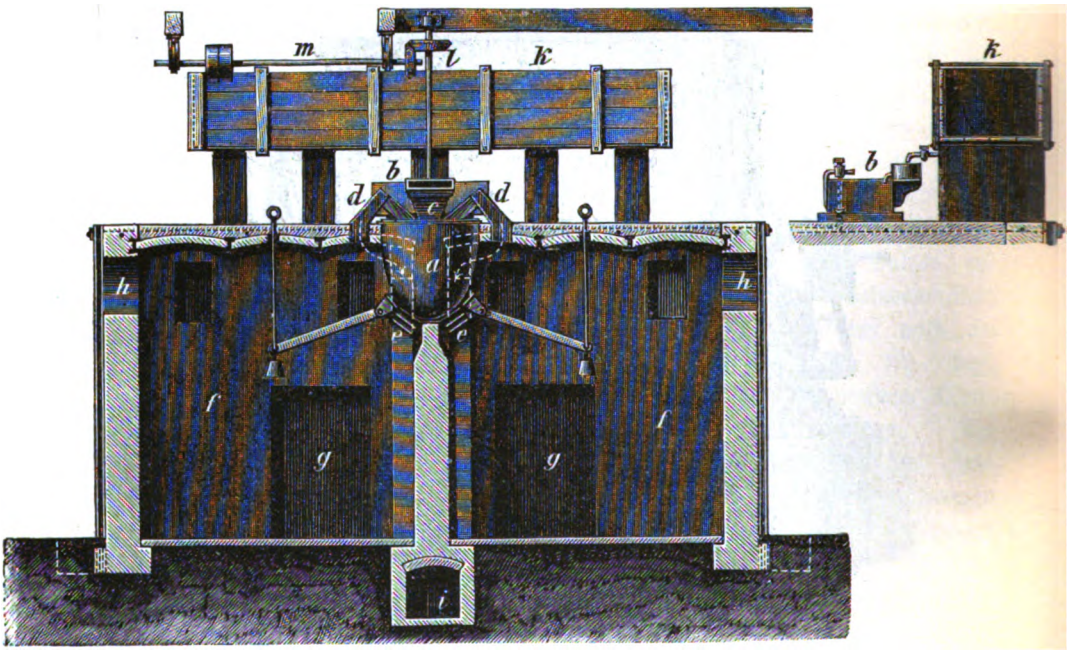
Handelt es sich jedoch um die Herstellung größerer Mengen von Superphosphaten, so werden besondere Mischmaschinen verwendet. In diesen besorgen durch Maschinenkraft angetriebene Rührvorrichtungen die Mischung, außerdem sind diese Vorrichtungen mit einem gut schließenden Deckel versehen, so daß die sich entwickelnden Dämpfe durch ein besonderes Rohr direct nach einem gut ziehenden Schornsteine abgeführt werden können.

Nach der Aufschließung muß das Superphosphat noch einige Zeit lagern. Dabei findet noch eine weitere Umsetzung und Aufschließung statt, die Masse

Digitized by Google

erhitzt sich anfangs noch ziemlich stark, und sie verliert noch weiter Wasser, so daß sie schließlich mit Leichtigkeit zerkleinert werden kann.

Als Lagerräume wählt man am besten Keller oder besondere, für diesen Zweck hergestellte ausgemauerte Räume, in welchen ein entsprechender Luftwechsel stattfinden muß, um die Wasserdämpfe zu entfernen. Der Bequemlichkeit wegen stellt man dann die Mischmaschinen über je zwei solchen Kammern auf; die untenstehende Abbildung veranschaulicht eine solche Einrichtung, wie sie von Dr. F. Lorenz in Hannover ausgeführt wird.




Mischmaschine von Lorenz.

a Aufschließmaschine, b Säuremeßgefäß, c Phosphattrichter, d Dunstrohre, e Hebelklappe, f Kammern zur Aufnahme des Superphosphates, g Entleerungsöffnungen derselben, h Luftlöcher, i Dunstcanal, welcher in den Schlot mündet, k Säurebehälter, l Rührwelle, m Vorgelege.

Die Einrichtung dieser Apparate besteht in Folgendem: Die Säure fließt aus dem mit Blei ausgekleideten Behälter nach der Meßvorrichtung b, und läuft von hier nach dem Ausheben eines Ventiles rasch durch weite Rohre nach dem Topfe a. Gleichzeitig wird durch den Phosphattrichter c, welcher durch eine von einer Kette gehaltenen Bodenklappe geschlossen wird, die vorher abgewogene Menge Mehl eingestürzt. Der Mischkessel a reitet auf der Scheidewand der beiden Kammern f, und ist nach jeder Seite hin mit einer Klappe e versehen. Die an der Welle l befestigten Rührschaufeln durchschneiden die Masse in der Weise, wie Pflüge den Boden, so daß das Phosphat in der Säure schwebend

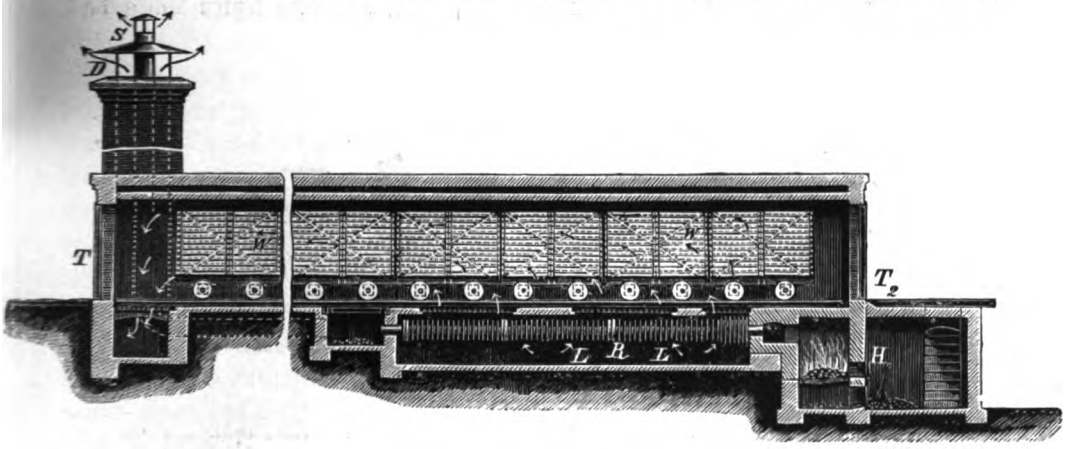
Digitized by Google

erhalten und gründlich vertheilt wird. Ein Zug an der Hebelklappe genügt, um den dünnflüssigen Brei sofort in den Lagerraum stürzen zu lassen.

Sehr nasse Waare, oder solches Superphosphat, welches gleich zur Verwendung gelangen soll, muß künstlich getrocknet werden. Dabei ist jedoch darauf zu achten, daß die Temperatur nicht über 120° steigt, da sonst weitere, die Beschaffenheit des Superphosphates ungünstig beeinflussende Veränderungen chemischer Natur sich in diesem vollziehen. Man heizt diese Trockenanlagen daher nicht mit directem Feuer, sondern durch den Abdampf der Dampfmaschine.

Sehr zweckmäßig sind die continuirlich arbeitenden Trockenanlagen oder die Trockencanäle, wie sie von der Firma Körting in Hannover ausgeführt werden.

Das Princip dieser Vorrichtungen besteht darin, daß das zu trocknende Superphosphat auf gelochten Blechen geschichtet wird, worauf man diese auf



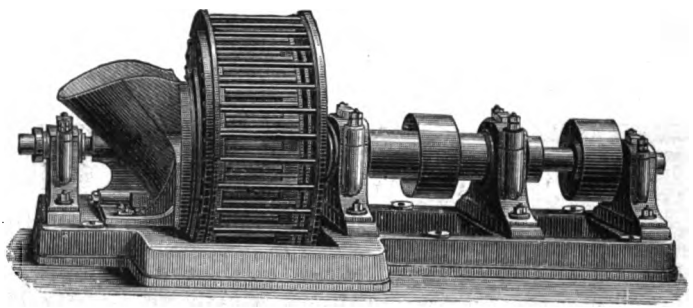

Trockenvorrichtung für Superphosphate von Körting.

H Heizung, L Züge, R Körting'sche Rippenheizkörper, W Wagen mit den gelochten Blechen, T Einfuhröffnung, $T_2$ Entleerungsöffnung, II Schlot, durch welchen der Wasserdampf entweicht, S Schlot für den Abzug der Feuergase.

niederen Wagen übereinander anordnet. Die Wagen werden in einen gemauerten Canal von entsprechender Breite und Höhe auf Schienen eingefahren, an der dem Beschickungsende entgegengesetzten Seite dieses Canales sind Heizrohre angebracht, in welchen zuerst die Luft circulirt, ehe sie in den Canal einströmt. Die Einströmung wird gleichzeitig unter Entfernung der mit Wasserdampf beladenen Luft durch einen am anderen Ende des Canales angebrachten Ventilator bewirkt. Indem die warme Luft über das Superphosphat dahinstreicht, wird dieses getrocknet. Der der Heizvorrichtung am nächsten stehende Wagen wird also mit der trockensten und wärmsten Luft in Berührung kommen. Ist das auf ihm befindliche Superphosphat trocken, so wird es ausgefahren, während gleichzeitig am anderen Ende ein neuer Wagen eingefahren, die ganze Wagenreihe also um die Länge eines Wagens gegen das Ende vorgeschoben wird.

Digitized by Google

Nach der Trocknung muß das fertige Superphosphat noch zerkleinert werden. Dies geschieht gewöhnlich mittelst der von Thomas Carr in Montpellier erfundenen Desintegratoren. Diese Apparate bestehen aus zwei bis vier durch starke eiserne Stäbe gebildeten, kreisrunden, concentrischen Körben, den sogenannten „Käfigen", welche auf einer Welle sitzen und sich um diese mit großer Geschwindigkeit bewegen. Doch ist eine Einrichtung vorhanden, welche jeden Korb im entgegengesetzten Sinne wie den benachbarten bewegt. An der Seite sind die Käfige mit eisernen Scheiben verschlossen, durch einen Rumpf wird das zu zerkleinernde Material in die innerste Trommel gefüllt. Durch die Centrifugalkraft wird es hier mit großer Gewalt gegen die eisernen Stäbe geschleudert und dadurch zerkleinert. Dann gelangt es durch die Zwischenräume zwischen den Stäben in den zweiten Käfig, in welchem sich der gleiche Vorgang wiederholt. Die Stäbe des innersten Korbes sind am weitesten, die des äußersten am engsten gestellt, so daß aus dem letzten Käfig das



Desintegrator.

Material als feines Pulver herausgeschleudert wird; der ganze Apparat ist mit einer Schutzhülle umgeben.

Die gewöhnlichen Superphosphate enthalten 16 bis 20% in Wasser löslicher Phosphorsäure, also in Form des primären Phosphates. Manche, sehr eisen- und thonreiche Rohmaterialien sind jedoch aus Gründen, deren Erörterung uns hier zu weit führen würde, zur Darstellung von Superphosphaten nicht geeignet. Man stellt dann aus diesen freie Phosphorsäure dar, und verwendet diese zur Aufschließung an Stelle der Schwefelsäure. Hierdurch — da sich eben die zur Aufschließung dienende Phosphorsäure selbst mit dem Kalk des aufzuschließenden Materiales zu primärem Phosphat verbindet — erhält man Producte mit 40 bis 42% wasserlöslicher Phosphorsäure, die sogenannten Doppelsuperphosphate.

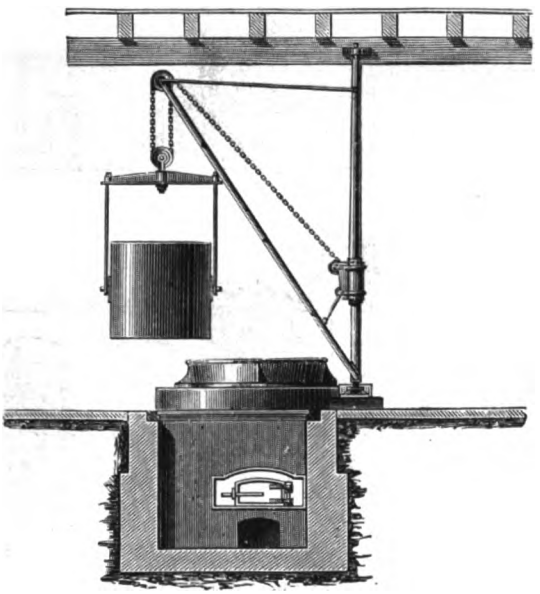
Die Darstellung der Phosphorsäure geschieht in der Weise, daß man das Rohmaterial mit der eben zur vollständigen Zersetzung ausreichenden Menge Schwefelsäure behandelt. Filtrirt man dann die breiige Masse durch eine Filterpresse, so hinterbleibt in den Kammern derselben der hauptsächlich aus schwefelsaurem Kalk (Gips) bestehende Rückstand, während eine wässerige Lösung von

Digitized by Google

Phosphorsäure abfließt, die durch Eindampfen concentrirt werden kann. Der in der Presse verbleibende Gips wird zur vollständigen Entsäuerung mit Wasser gewaschen. Er enthält jedoch immer noch eine geringe Menge Phosphorsäure, deren Gewinnung sich nicht lohnen würde; dieser Gips kommt unter dem Namen „Superphosphatgips" oder wenn er etwas größere Mengen Phosphorsäure enthält, als „Phosphorsäuregips" in den Handel, und dient hauptsächlich zur Conservirung des Stalldüngers, um das entweichende Ammoniak zu binden.

Außer den natürlichen Phosphaten und den später zu besprechenden Guanos spielen auch die Knochen in der Fabrikation der künstlichen Düngemittel eine hervorragende Rolle.

Die Knochen sind ein organisches Gewebe, welches selbst in seiner dichtesten Form von einer Unzahl feiner Canäle und Röhrchen durchzogen ist. Trotzdem bestehen sie jedoch nur zu etwa einem Drittel aus organischer Substanz, während zwei Drittheile aus anorganischen Stoffen, hauptsächlich aus phosphorsaurem und kohlensaurem Kalk, sowie aus phosphorsaurer Magnesia bestehen. Die organische Substanz enthält im wesentlichen Knorpelmasse, einen stickstoffhaltigen, den Eiweißkörpern nahe stehenden Körper, und Fett, welches den anderen, im Thierreiche vorkommenden Fetten sehr nahe verwandt ist.



Vorrichtung zum Auskochen der Knochen.

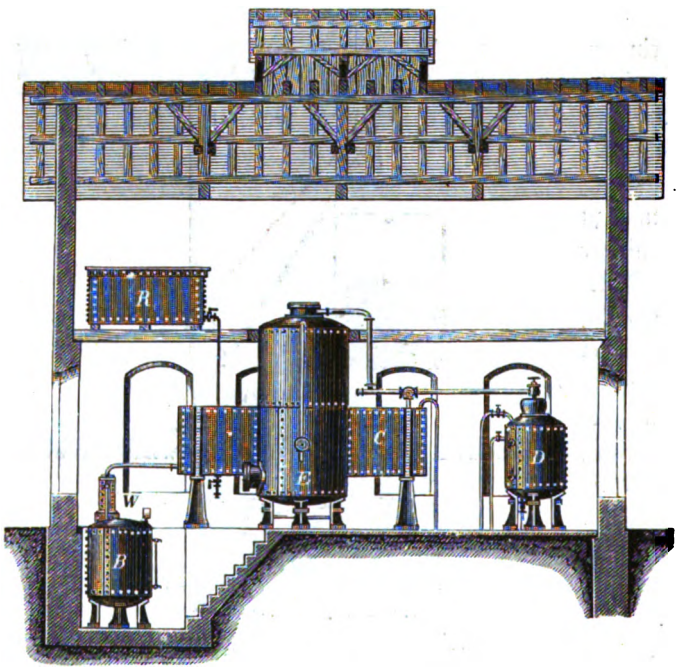
Man könnte allerdings die Knochen direct zur Erzeugung von Superphosphaten oder von Knochenmehl — denn auch im unaufgeschlossenen Zustande bilden die Knochen ein sehr brauchbares Düngemittel, vorausgesetzt, daß sie in staubfeiner Mahlung in den Boden gebracht werden — verwenden. Doch zieht man es vor, zunächst daraus das Fett, und in der Regel auch den allergrößten Theil der Knorpelsubstanz, welche zu Leim verarbeitet wird, abzuscheiden.

Um Fett und Leim aus den Knochen zu gewinnen, können verschiedene Verfahren Anwendung finden. Das einfachste, wohl aber auch das am wenigsten rationellste besteht darin, daß man die Knochen in ein aus durchlochtem Blech verfertigtes Gefäß bringt, und dieses in kochendes Wasser einhängt. Das Fett schmilzt dann, und wird von der Oberfläche des Wassers abgeschöpft, während das Wasser einen Theil des Knorpelgewebes löst. Das Wasser kann dann entweder

Digitized by Google

zur Gewinnung von Leim verwendet werden, oder es wird bei der Fabrikation der Superphosphate benützt, um stickstoffhaltige Producte zu erhalten. Weit zweckmäßiger ist es jedoch, das Auskochen der Knochen, das auch unter Verwendung von Dampf geschehen kann, ganz zu umgehen, und das Knochenfett durch Extraction mit Benzin zu gewinnen.

Zu diesem Zwecke bringt man die Knochen in das Extractionsgefäß E des in der untenstehenden Abbildung dargestellten Apparates. E ist ein aufrechtstehender Blechcylinder mit eingelegtem Siebboden, unter welchem sich eine von Dampf durchströmte Heizschlange befindet. Dann wird aus einem schmiedeisernen Behälter Benzin in das Extractionsgefäß gedrückt und erhitzt. Die entstehenden Dämpfe verdrängen die Luft aus den Poren der Knochen, sowie aus dem Gefäße selbst. Ist dies geschehen, so wird der Extractionsapparat vollständig geschlossen und das Benzin nun weiter so stark erhitzt, daß ein Druck von mehreren Atmosphären entsteht, welchen man einige Zeit erhält. Das Benzin löst nun das Fett auf, und wird dann nach dem Destillationsapparate D gebracht.



Extractionsvorrichtung nach Pallenberg.

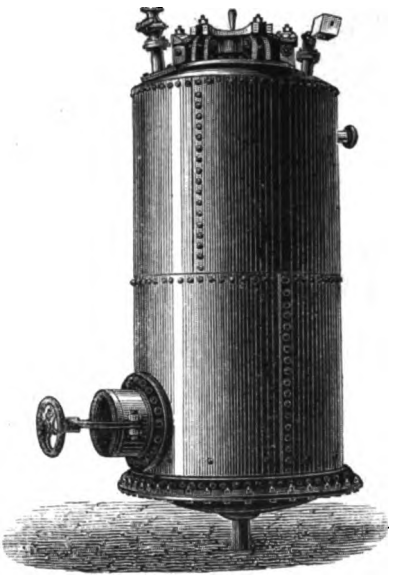
Hier wird das Benzin abdestillirt, die Benzindämpfe treten in den Condensator C, verdichten sich hier, und fließen dann durch eine Woulf'sche Flasche W, in welcher sie sich von dem mitgerissenen Wasser trennen, in den Benzinbehälter zurück. Ist der Extractionsapparat vollständig entleert, so wird das Ventil des Abflußrohres geschlossen und Dampf eingeleitet. Dadurch werden nun auch die an den Knochen haftenden Benzinreste verdampft und nach dem Condensationsapparate geschafft.

Werden nun die durch Behandlung mit Benzin entfetteten Knochen gedämpft, d. h. unter Druck mit Wasserdampf behandelt, so geht auch die Knorpelsubstanz in Lösung. Das Dämpfen wird in starken Eisenblechcylindern vorgenommen, welche mit einem Manometer und einem Sicherheitsventile ausgestattet sind. Je länger

Digitized by Google

der Dampf auf die Knochen einwirkt und unter je höherem Drucke man arbeitet, desto mehr wird von der Knorpelsubstanz gelöst, und desto mehr Leim enthält das abfließende Condensationswasser. Man hat es also bis zu einem gewissen Grade in der Hand, den Gehalt der Knochen an Stickstoff beliebig zu reguliren.

Die aus dem Dämpfer kommenden Knochen sind weich und biegsam, nach dem Trocknen werden sie jedoch sehr hart und spröde, und können nun mit Leichtigkeit in ein feines Mehl, das Knochenmehl verwandelt werden, welches theils direct, theils nach dem Aufschließen als „Knochenmehlsuperphosphat" zu Düngungszwecken angewendet wird. Da selbst bei einer nach Möglichkeit vollständigen Entleimung immer noch geringe Mengen leimgebenden Gewebes in den Knochen verbleiben, enthält das Knochenmehl und das aus diesem bereitete Superphosphat stets auch geringe Mengen Stickstoff. Es kommen jedoch auch Knochenmehle in den Handel, die absichtlich nicht vollständig „entleimt" wurden, so daß sie dann nicht nur phosphorsäurehaltige, sondern auch stickstoffhaltige Düngemittel bilden.



Dämpfcylinder.

Eine bedeutende Menge der Knochen wird durch Glühen unter Luftabschluß in Knochenkohle, Spodium, verwandelt, welches die Eigenschaft besitzt, Lösungen Farbstoffe zu entziehen und festzuhalten. In der Zuckerfabrikation wird von dieser Eigenschaft der Knochenkohle zur Entfärbung der Zuckersäfte Gebrauch gemacht, und wir werden in dem betreffenden Abschnitte auch die Darstellung des Spodiums kennen lernen. Nach einiger Zeit büßt jedoch das Spodium seine Fähigkeit zu entfärben ein, und kann dann auch nicht mehr regenerirt werden. Auch dieses Spodium dient zur Herstellung von künstlichen Düngemitteln, es wird aufgeschlossen und als „Spodiumsuperphosphat" in den Handel gebracht.

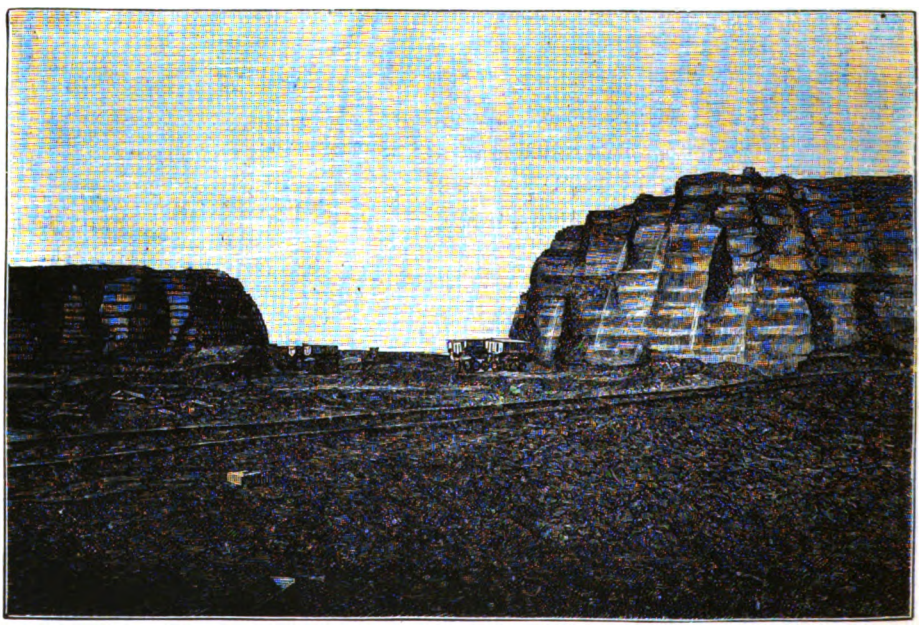
Endlich haben wir noch eine dritte Methode zur Gewinnung des Leimes aus den Knochen zu erwähnen. Während aber bei den bisher besprochenen Verfahren nach der Entfettung das Knorpelgewebe gelöst wurde, schlägt man hier den umgekehrten Weg ein.

Man behandelt die Knochen mit Salzsäure und bringt dadurch den phosphorsauren Kalk und die anderen anorganischen Bestandtheile in Lösung, während das Knorpelgewebe hinterbleibt und vollständig die Form des ursprünglichen Knochens beibehält. Die Knorpelsubstanz wird dann durch Kochen in Wasser gelöst und die Lösung zu Leim versotten.

Digitized by Google

Die durch Behandlung mit Salzsäure gewonnene Lösung enthält die Gesammtmenge der in den Knochen enthalten gewesenen Phosphorsäure, als sauren phosphorsauren Kalk. Ursprünglich wußte man mit dieser Lösung nichts anzufangen, und ließ sie weglaufen, heute dient sie entweder zur Darstellung von Phosphor oder zur Bereitung von sogenanntem Präcipitat.

Man fällt nämlich die Phosphorsäure mit Kalkmilch als tertiäres Phosphat, welches abgepreßt und im Freien aufbewahrt wird, um durch den Regen das beigemengte, bei der Fällung entstehende Chlorcalcium auszulaugen. Setzt man dagegen anfangs nur wenig Kalkmilch zu, so daß die Flüssigkeit noch sauer



Guanobank auf den Chincha-Inseln.

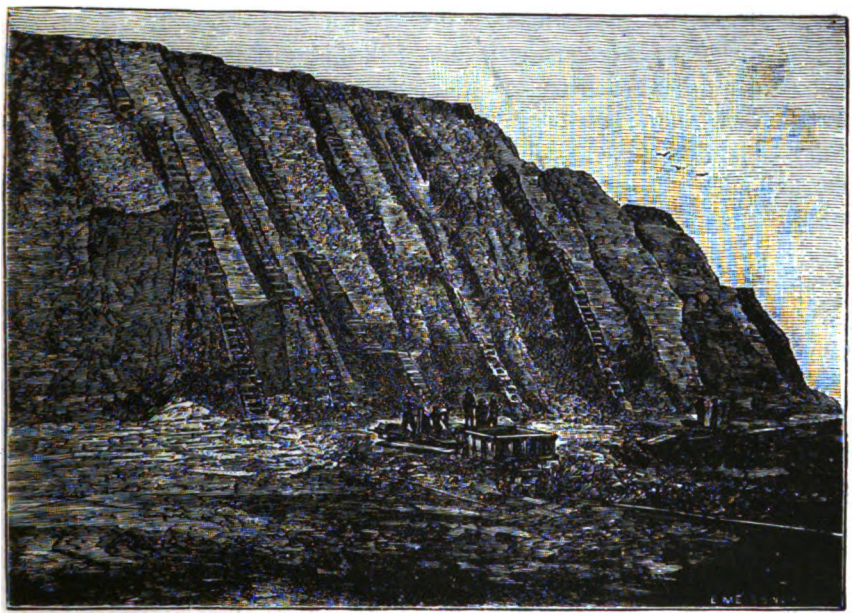
bleibt, so erhält man einen Theil der Phosphorsäure in Form von secundärem Phosphat. Das Präcipitat wird entweder aufgeschlossen oder aber als „Futterkalk" in den Handel gebracht. Da, wie wir wissen, die Knochen zum größten Theile aus phosphorsaurem Kalk bestehen, benöthigen besonders junge Thiere größere Mengen dieser Substanzen, die sie wohl im Futter aufnehmen, die aber auch nebenbei noch zuzuführen sich unter Umständen als zweckmäßig erweist.

Andere, für die Landwirthschaft ebenfalls höchst wichtige Düngemittel sind die Guanos. Sie entstanden und entstehen noch durch Anhäufung bedeutender Mengen von Vogelexcrementen und den Leibern todter Vögel selbst auf verschiedenen Inseln des Stillen Oceans. Das regenlose und sehr trockene Klima dieser Gegenden begünstigte zwar die Austrocknung und Verrottung dieser Stoffe,

Digitized by Google

die für die Landwirthschaft bedeutungsvollen Substanzen, Phosphorsäure, Stickstoff und Kali, bleiben aber erhalten. Die ersten Guanoproben wurden im Jahre 1804 durch Alexander v. Humboldt nach Europa gebracht, doch erst mit Beginn der Vierzigerjahre begann man den Guano als künstliches Düngemittel anzuwenden. Die Nachfrage stieg jedoch von Jahr zu Jahr, und heute sind viele Guanoinseln, die einst von mächtigen Guanoschichten bedeckt waren, bis auf den nackten Fels abgebaut.

Die Entstehung dieser Guanolager kann, wie erwähnt, nur unter ganz besonderen klimatischen Verhältnissen erfolgen; diese werden uns klar, wenn wir



Abbau eines Guanoberges. (Nach einer Photographie.)

eine solche Fundstätte selbst betrachten. Es ist dies das Lager des Mejillones-Guano, von welchem Meyn folgende anschauliche Schilderung entwirft:

„Von der kurzen, kaum 25 Meilen langen Felsenküste, welche der Continentalstaat Bolivia zwischen den langen Küstenstrecken Perus und Chiles mühsam errungen, springt eine etwa 10 Meilen lange Strecke unter dem Wendekreise des Steinbockes fast 3 Meilen weit in das Meer hinaus und beschirmt mit ihrer etwas verlängerten äußeren Felsenküste im Süden die Bai von Morreno, im Norden jene von Mejillones.

Die letztgenannte Bai, völlig geschützt vor den Winden und vor der großen Meeresströmung durch den Vorsprung der Halbinsel Leading Bloff, den nach dem Meere zu noch Felseninseln umgeben, öffnet ihre Einsegelung unter 23° südlicher

Digitized by Google

Breite und bildet einen vortrefflichen Hafen, in welchem gegenwärtig unmittelbar an dem Molo die Schiffe mit dem Guano beladen werden.

Die Gegend ist sonst eigentlich unbewohnbar. Heftige Winde, Regenlosigkeit, Morgennebel bis 10 Uhr und dann außerordentliche Hitze aus den niemals durch eine Wolke gemilderten Sonnenstrahlen, ein sandiger und felsiger Boden, ohne jegliche Vegetation, und der vollständige Mangel an Trinkwasser werden diesen Ausspruch rechtfertigen. Die Bewohner der kleinen Hafenstadt, deren Zahl früher sehr gering war — in der Nähe wurden Kupfergruben bearbeitet — und welche erst durch den Guanoverkehr wächst, erhalten ihre Nahrungsmittel durch die pacifischen Dampfer, welche hier einkehren und Kohlenlager haben, und gewinnen ihr Trinkwasser durch Destillation.

Die gewaltige Felsenhalbinsel, durchschnittlich 1000 bis 1200 Fuß hoch, erscheint oben als eine muldenförmige Sandebene, nur der Vorsprung derselben, welcher die Bai schützt, hat höhere Berge, zunächst westlich von der Stadt einen mit 1500 Fuß, und dann nördlich von diesem, den Hauptkörper des Felsenhornes bildend, den Morro de Mejillones, 2600 Fuß hoch. Am Abhange dieses Berges gegen die Bai befindet sich das große Guanolager. Ein langer Weg, welcher den erstgenannten Berg vermeidet, führt von der Stadt dahin.

Das Hauptlager ist etwa 1700 Fuß über dem Meeresspiegel an den unregelmäßigen Abhängen des Berges gelegen, und an manchen Stellen 40 Fuß mächtig. Von dem Guanolager ist mit großer Mühe durch die Kluft des Gebirges ein guter Pfad nach der Einschiffungswerfte gebaut. Etwa eine englische Meile von den Guanogruben theilt sich der Weg, dessen einer Arm sehr steil nach dem Hafenmolo hinuntergeht, während der andere Weg nach einem Pavillon auf dem Felsplateau führt, von wo der Guano, den man in Säcken aus den Gruben bringt, ebenfalls in Säcken durch einen 700 Fuß langen Sturzkasten zu einem Speicher am Anfange des Guanomolo hinabsaust. 200 t können auf diese Weise täglich zur Verladung gebracht werden.

Auf der Caleta unten wohnen die Arbeiter, die Aufseher der Exporteure, die Regierungsbeamten. Die letzteren verwiegen den Guano, dann wird er auf Schienen an das andere Ende des Molo gebracht und dort in das Schiff gestürzt."

Die Guanos werden stets in fein gemahlenem Zustande angewendet, die sogenannten phosphatischen Guanos, denen durch zeitweisen heftigen Regen der größte Theil der löslichen organischen Substanz entzogen wurde, und welche der Hauptsache nach nur aus phosphorsaurem Kalk bestehen, werden mit Schwefelsäure in bekannter Weise behandelt und als „aufgeschlossener Guano" in den Handel gebracht.

Die Guanos sind nichts weniger als angenehme Substanzen, so werthvoll sie auch für die Landwirthschaft sind. Wir müssen sie als eine fortwährenden Zersetzungs- und Fäulnisvorgängen unterworfene Masse betrachten; mit besonderer Lebhaftigkeit spielen sich diese Vorgänge aber ab, wenn der Guano feucht wird. Die Schiffe, welche den Guanotransport besorgen, sind für keine andere Ladung

Digitized by Google

geeignet, und dürfen auch keine Passagiere befördern. Wird die Ladung durch Seewasser havarirt, dann können unter der Bemannung des Schiffes sogar tödtlich verlaufende Krankheiten auftreten, ja selbst Personen, welche über Guanomagazinen wohnten, erlitten Störungen an der Gesundheit, sie verloren das Gehör, die Sprache wurde schwerfällig und stockend, und außerdem wurden eigenthümliche und für diese Krankheit charakteristische rosenrothe Flecke auf ihrer Stirn beobachtet. Mit Rücksicht auf diese Eigenschaften des Guanos sollen Guanoniederlagen nur außerhalb bewohnter Gegenden angelegt werden, und die Arbeiter, welche beim Auf- und Abladen der Waare sehr durch den sich entwickelnden, höchst lästigen Staub zu leiden haben, müssen sich dagegen durch das Vorbinden von Tüchern oder Schwämmen, welche mit Essig getränkt werden, verwahren.

In den letzten Jahren ist der Landwirthschaft noch eine weitere höchst wichtige Phosphorsäurequelle erschlossen worden, an welche früher wohl niemand gedacht hatte. Es sind dies die verhältnismäßig geringen Mengen Phosphorsäure, welche in fast allen Eisenerzen enthalten sind und deren Menge sich etwa zwischen 0·02 und 3·0% bewegt.

Werden solche phosphorsäurehaltige Eisenerze im Hochofen mit Kohle niedergeschmolzen, so wird die Phosphorsäure zu Phosphor reducirt. Dieser geht in das Eisen über und verbindet sich mit diesem zu Phosphoreisen. Wenn es sich nur um die Herstellung von Gußwaaren handelt, so kann dazu noch ein Roheisen mit einem ziemlich bedeutenden Phosphorgehalte verwendet werden, sofern es keine weitere mechanische Bearbeitung, wie Bohren, Drehen u. s. w. zu erfahren hat. Solches Eisen besitzt sogar den Vortheil, daß es sehr reine Güsse liefert, die Formen gut ausfüllt und mit ebener Oberfläche erstarrt. Soll jedoch das Roheisen zu Schmiedeeisen und Stahl verarbeitet werden, so darf sein Phosphorgehalt keinesfalls 0·25% betragen, da solches Eisen kaltbrüchig wird und schon zerspringt, wenn es bei gewöhnlicher Temperatur bearbeitet wird.

Das Streben der Hüttentechniker war daher darauf gerichtet, Verfahren zu ermitteln, welche die Umwandlung des Roheisens in Schmiedeeisen und Stahl gestatten, selbst wenn es einen bedeutenden Phosphorgehalt aufweist. Dazu war zunächst die Verbrennung des Phosphors zu Phosphorsäure, und die Ausstoßung derselben in der Schlacke erforderlich.

Bei dem sogenannten Bessemerprocesse, welchen wir noch bei Besprechung der Gewinnung der Metalle kennen lernen werden, wird das Roheisen in mächtigen kippbaren Gefäßen, den Convertern, in welche man es im geschmolzenen Zustande einfüllt, dadurch geschmolzen erhalten, daß man einen kräftigen Luftstrom durchbläst. Es oxydirt sich dann das Silicium, sowie Mangan, Phosphor und Kohlenstoff so lebhaft, daß das Eisen dünnflüssig wird. Der Converter ist mit Thon ausgekleidet, aus der Kieselerde der Thonbekleidung entsteht eine sehr kieselsäurereiche Schlacke, in die jedoch nur äußerst geringe Mengen Schwefel und Phosphor übergehen, so daß praktisch eine Entphosphorung des Roheisens durch diesen „sauren" Proceß nicht erreicht wird. Zur Verarbeitung phosphorreicher Roheisen

Digitized by Google

ist er also ungeeignet, er liefert kein brauchbares Flußeisen, und man war daher bestrebt, ein Verfahren zu ersinnen, welches unter Beibehaltung der großen Vortheile des Bessemerprocesses es gestattet, den Phosphor in einfacher Weise aus dem Eisen zu entfernen.

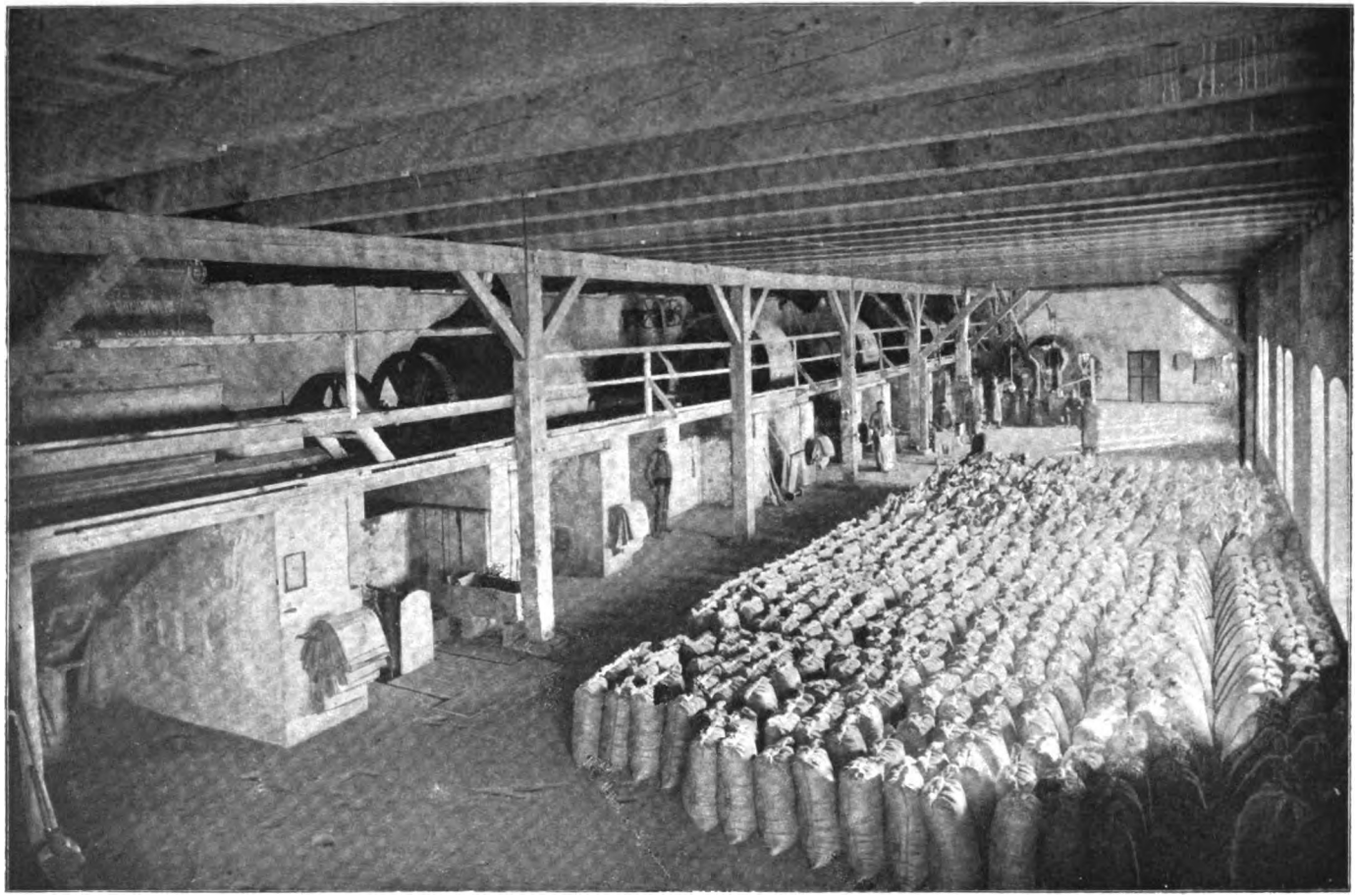
Die glücklichen Löser dieses Problemes, allerdings nach langen Mühen und zahllosen vergeblichen Versuchen, waren Thomas und Gilchrist. Sie erreichten die Entphosphorung des Eisens dadurch, daß sie an Stelle der „sauren", kieselsäurehaltigen Ausfütterung des Converters ein basisches, Kalk und Magnesia enthaltendes Futter anwendeten, und jeder Charge außerdem noch Kalk zuführten. Dadurch wird erreicht, daß der gesammte im Roheisen enthaltene Phosphor in die Schlacke übergeht; nach dem Erfinder des Verfahrens wird sie „Thomasschlacke" geheißen.

Das Verfahren gestattet also, sehr phosphorsäurereiche Eisenerze zu verarbeiten, und daraus in einfacher Weise und mit geringen Kosten gießbaren Stahl herzustellen, welcher ausgezeichnete Eigenschaften besitzt, und sich als vollkommen phosphor- und schwefelfrei erweist. Der Phosphor des Roheisens ist eben in die Schlacke übergegangen, und dort als Phosphorsäure an Kalk gebunden.

Das geschilderte Verfahren wurde den Erfindern Thomas und Gilchrist im Jahre 1879 am 10. April patentirt. Es gewann seiner zahlreichen Vortheile wegen sehr bald an Bedeutung, mit der dabei abfallenden Schlacke wußte man jedoch nichts anzufangen, sie wurde auf die Halde gestürzt. Wohl dachte man zunächst daran, ihren Gehalt an Phosphorsäure durch Aufschließung nutzbar zu machen, doch kam man von dieser Idee sehr bald ab, da die Schlacke viel freien Kalk enthält. Zur Aufschließung wären deshalb gewaltige Mengen Schwefelsäure erforderlich gewesen, um allen Kalk zu binden, und außerdem enthält die Schlacke natürlich auch Eisen, wodurch das „Zurückgehen" der aufgeschlossenen Phosphorsäure, d. h. die Umwandlung des leicht löslichen primären Salzes in das unlösliche secundäre bedingt würde.

Dagegen machte man die Beobachtung, daß die Thomasschlacke als vorzügliches Düngemittel dienen kann, vorausgesetzt, daß sie in ein feines Mehl verwandelt auf die Felder gebracht wird. Wenn nämlich auch die Phosphorsäure in der Thomasschlacke nicht als primäres Phosphat vorhanden ist, so befindet sie sich doch in einer Form, welche im Boden leicht zerlegt wird, und dann den Pflanzen zur Nahrung dienen kann. Man hat diese Form der Phosphorsäure auch als „bodenlösliche Phosphorsäure" bezeichnet. Auch die wasserlösliche Phosphorsäure der Superphosphate geht im Boden nach einiger Zeit in das secundäre Phosphat über, wird aber trotzdem von den Pflanzenwurzeln aufgenommen, da eben das secundäre Phosphat noch immer leichter zersetzbar und löslich ist, wie der dreibasisch phosphorsaure Kalk. Während man jedoch mit Superphosphat gewöhnlich erst im Frühjahre düngt, bringt man die Thomasschlacke schon in der Regel im Herbste aufs Feld, damit die Phosphorsäure sich vertheilt und dann im Frühjahre den Pflanzenwurzeln leicht zugänglich ist.

Digitized by Google



**Thomasschlackenmühle.**

Aus dem Mahlwerke der vereinigten böhmischen Thomaswerke in Prag-Bubenč.

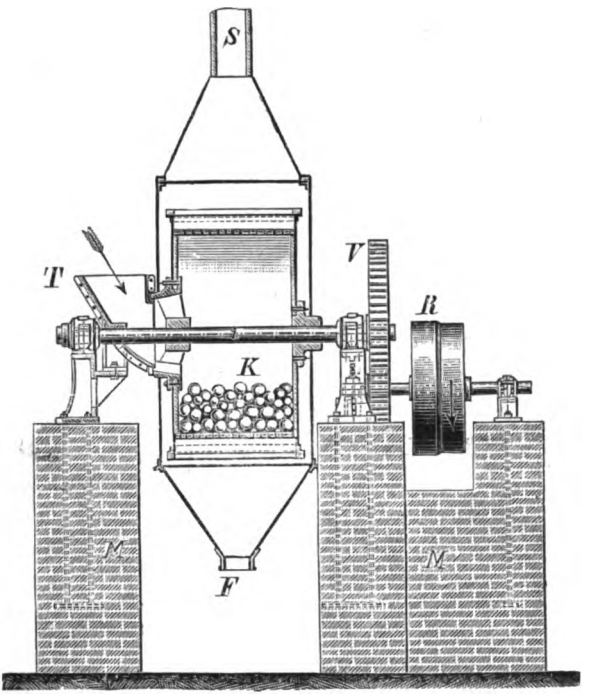
Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

Digitized by Google

Soll die Thomasschlacke jedoch ihre günstige Wirkung äußern, so darf sie nicht in größeren oder kleineren Stücken, sondern nur als staubfeines Pulver angewendet werden. Die Umwandlung in das „Thomasmehl" hat anfänglich den Fabrikanten nicht geringe Schwierigkeiten verursacht. In der Schlacke befinden sich neben härteren Stellen nämlich auch eingeschlossene Eisenstücke, welche die verschiedenen Mahlvorrichtungen sehr rasch abnützten und unbrauchbar machten Durch Anwendung der Kugelmühlen gelingt es jedoch, auch diesen Nachtheil zu umgehen, und der Schlacke den gewünschten Feinheitsgrad mit Leichtigkeit zu ertheilen.

Die Kugelmühlen bestehen aus einem starken eisernen, cylindrischen Hohlkörper, welcher um eine Achse rotirt und mit Löchern oder Schlitzen versehen ist. Im Inneren befindet sich eine Anzahl schwerer eiserner Kugeln, welche das ihnen zugeführte Mahlgut bei der Umdrehung zermalmen. Die Abnützung dieser Vorrichtungen wird durch Anwendung geschmiedeter oder gewalzter Stahlplatten und Stahlkugeln, welche haltbarer wie gegossene sind, bedeutend vermindert. Bei allen Kugelmühlen erfolgt die Zuführung des zu zerkleinernden Materiales durch die Nabe, welche die Verbindung der Seitenwand der Trommel mit der Stahlwelle bildet. Das zerkleinerte Material fällt durch die Löcher des Trommelmantels, welcher von einem Gehäuse umgeben ist, und gelangt auf die um die Trommel angeordneten Siebe. Der gröbere Antheil des Mahlgutes, welcher die Siebe noch nicht zu passiren vermag, wird automatisch wieder in den Mahlraum, in welchem sich die Kugeln befinden, zurückgeführt, das feine Mehl wird in Säcke gefüllt.




Kugelmühle im Durchschnitte.
K Kugeln, T Fülltrichter, F Mehlablauf, S Staubschlot, V Vorgelege, R Riemenscheibe, M Mauerwerk.

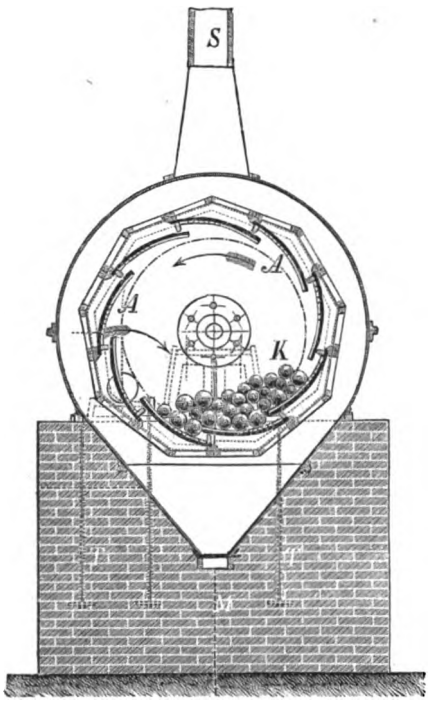
Bei solchen großen Anlagen, wie beispielsweise bei den für die österreichische Landwirthschaft so bedeutungsvollen böhmischen Thomaswerken, deren Mahlraum auf der beigehefteten Tafel im Bilde vorgeführt wird, muß natürlich dafür Sorge getragen werden, daß die Zufuhr und Abfuhr des sehr schweren Productes, des



Digitized by Google

Thomasschlackenmehles und der Schlacke ohne Störung und Schwierigkeit erfolgt. Man legt daher solche Etablissements stets unmittelbar an Bahngeleisen an.

Gegenüber dem Superphosphate besitzt die Thomasschlacke zahlreiche Vortheile. So ist sie ein Nebenproduct einer großen Industrie, und sie wird direct bei der Verarbeitung des Roheisens erhalten. Sie bedarf keiner weiteren Behandlung oder Aufschließung, wenn wir von dem höchst einfachen Mahlprocesse absehen. Besonders interessant ist sie dadurch, daß in der Thomasschlacke den Pflanzen wieder die Phosphorsäure in concentrirter Form geboten wird, welche in den Eisenerzen festgelegt und zerstreut war. Wir können daher den Thomas'schen Proceß der Stahlbereitung auch als ein Verfahren zur Concentrirung der Phosphorsäure ansehen, und die Kunst des Chemikers leistet hier ähnliches wie die Pflanze, die auch die nur in sehr geringer Menge im Boden vorhandenen Nährstoffe sammelt und in ihren Theilen aufspeichert. — —




Kugelmühle im Durchschnitte.
A Schlitze, K Kugeln, S Staubschlot.

Es war Liebig's Verdienst zu einer Zeit, in welcher man künstliche Düngemittel nur in sehr beschränktem Maße anwendete, und die Phosphorsäure fast nur in den Knochen zu verwenden wußte, die Mittel zur Löslichmachung derselben, die Aufschließung gezeigt zu haben. Dieser bahnbrechende Vorschlag wurde aber durchaus nicht, wie man meinen sollte, zuerst in des großen Agriculturchemikers Vaterland, in Deutschland, angewendet, vielmehr blieb dieses Verdienst einem englischen Landwirthe, Mr. Flemming zu Bansland vorbehalten. Dieser griff die 1840 veröffentlichte Idee Liebig's auf, und verwandelte 1841 englische Koprolithen auf einer Scheuertenne in Superphosphat. Das neue Düngemittel bewährte sich so ausgezeichnet, daß Flemming sehr bald zahlreiche Nachahmer fand. — Ein Fabrikant von Knochenkohle, Lawes, war dann der erste, der mit Glück und Erfolg daran ging, Superphosphate gewerbsmäßig und im größeren Maßstabe herzustellen, wodurch er der erste Fabrikant künstlicher Düngemittel wurde. Als den Begründer dieser heute so blühenden chemischen Industrie müssen wir aber Liebig ansehen. Bedauernswerth und beschämend zugleich ist es aber, daß nicht Deutschland der Ausgangspunkt dieser Industrie wurde. Sie mußte zunächst nach England auswandern, um von dort, ins Praktische übertragen, zurückzukehren.

Im Vaterlande gilt kein Prophet!

Digitized by Google

# Kalk, Mörtel und Cement.

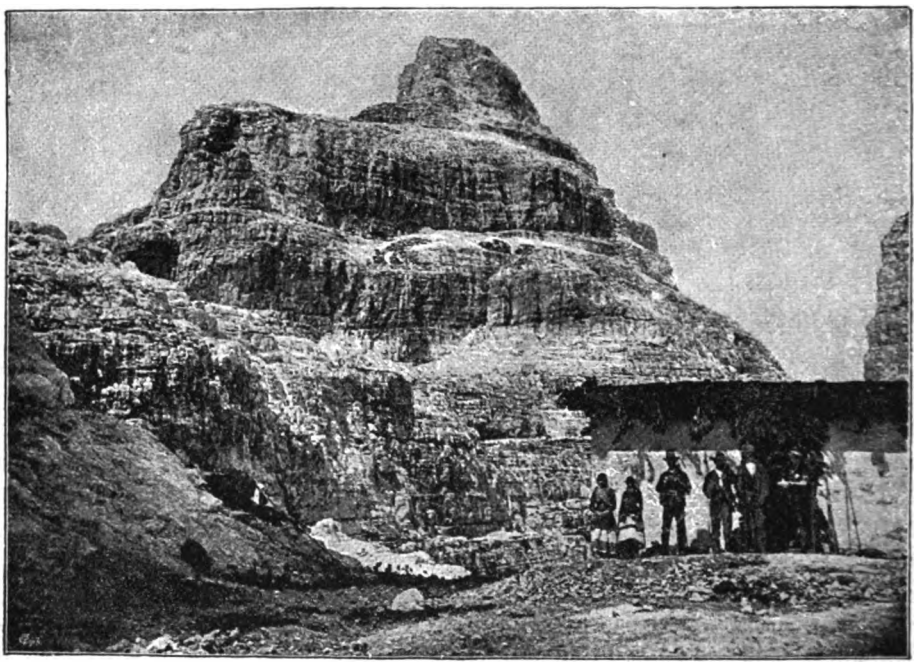
Unter den zahlreichen Mineralien, aus welchen die „Knochen der Mutter Erde“ bestehen, nimmt sowohl seiner Bedeutung wie auch seiner Menge nach der Kalkstein eine erste Stelle ein, und mit voller Berechtigung konnte daher Huxley in einem seiner Vorträge sagen: „Ein großes Capitel der Erdgeschichte ist in die Kreide geschrieben“. Denn nicht nur, daß die zahlreichen Ueberreste ausgestorbener Schöpfungsformen, welche sich in den Kalkgebirgen finden, und aus welchen auch die Kreide besteht, dem Geologen den Schlüssel zur Bestimmung des Alters und der Entstehung dieser Gebirge und Gebirgszüge liefern, und ihm einen Blick in die Art und Verbreitung der Lebewesen vergangener Zeiten der Erdgeschichte thun ließen, die Kalksteine nehmen in ihrer ausgedehnten Verbreitung und der vielseitigen Verwendung, der sie zugeführt werden können, sowohl das Interesse des Geologen und Mineralogen in eben solchem Maße in Anspruch, wie das des Chemikers und Technikers.

Im chemischen Sinne ist der Kalkstein die Verbindung des Metalles Calcium mit Kohlensäure, er ist kohlensaurer Kalk. Wie aber selten eine andere, in der Natur vorkommende Verbindung tritt der kohlensaure Kalk in verschiedenen Formen auf. So können wir zunächst krystallisirte und nicht krystallisirte Varietäten unterscheiden. Der bekannte isländische Doppelspat, welcher die Eigenschaft besitzt, den hindurchgehenden Lichtstrahl in zwei Strahlen zu spalten, so daß die durch einen solchen Krystall betrachteten Gegenstände doppelt erscheinen, und der nach einem anderen Systeme krystallisirende Aragonit sind ebenso kohlensaurer Kalk wie die Kreide und die dichten Kalksteine. Auch der Marmor, der in seinen reinsten Varietäten das Auge durch seine blendend weiße Farbe erfreut, und aus dem die Hand des Künstlers unsterbliche Werke zu bilden vermag, gehört hierher, wie endlich die Dolomite und dolomitischen Gesteine, welche aus wechselnden Mengen kohlensauren Kalkes und kohlensaurer Magnesia bestehen.



Digitized by Google

Wir treffen den Kalkstein in allen Formationen, von den ältesten bis zu den jüngsten an, und daraus ist ersichtlich, daß seine Bildung zu allen Zeiten stattfand. Dabei spielte aber das Wasser eine große Rolle, denn in kohlensäurehaltigem Wasser ist der kohlensaure Kalk löslich, es bildet sich doppeltkohlensaurer Kalk, ähnlich wie bei der Einwirkung von Kohlensäure auf kohlensaures Natrium doppeltkohlensaures Natrium sich bildet. Wenn das Wasser jedoch, während es langsam verdunstet, die Kohlensäure verliert, so wird der gelöste Kalk wieder als kohlensaurer Kalk abgeschieden. Auch die Tropfsteine und Kalksinter verdanken ihre Entstehung



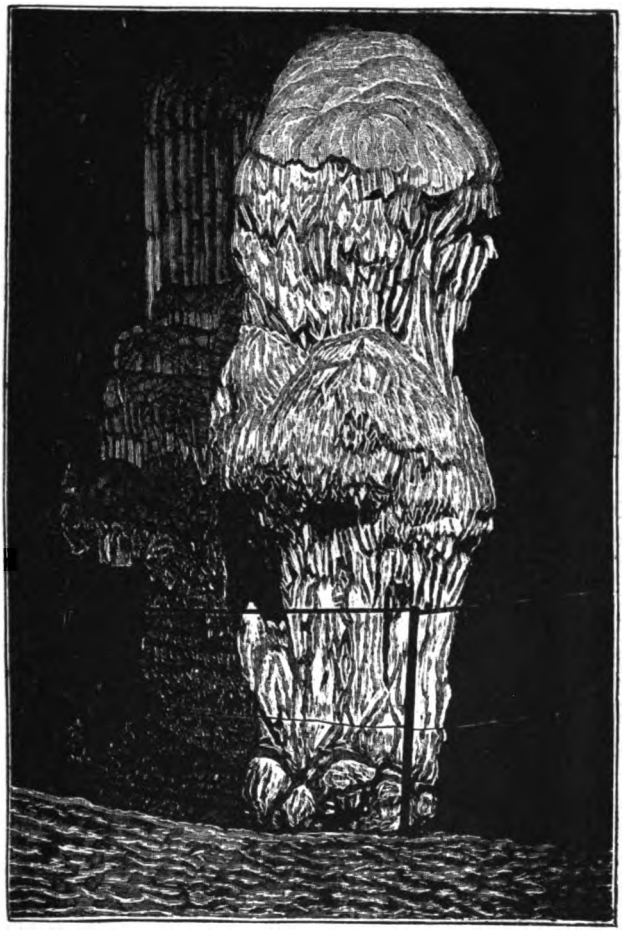
Dolomitstock. (Brenda bassa.)

diesem Verhalten. Jede Quelle, die aus der Erde quillt, und jeder Strom, der dem Meere zustrebt, führt gelösten Kalk mit sich; das Gleiche ist bei jedem zarten Wasseräderchen und jedem einzelnen Wassertropfen der Fall, der in Felsenhöhlen von der Decke niedersinkt.

Sobald aber das Wasser mit Luft in Berührung kommt, geht ein Theil der gelösten Kohlensäure verloren, und dadurch wird auch eine geringe Menge des gelösten kohlensauren Kalkes abgeschieden, die sich niederschlägt. Zuerst ist dies allerdings ein mit freiem Auge nicht wahrnehmbares Pünktchen, folgt aber Tropfen auf Tropfen, und hinterläßt jeder eine geringe Menge Kalk, so entstehen auf diese Weise schließlich jene herrlichen, im reinsten Weiß schimmernden, als Tropfsteine bekannten Gebilde, die wir in der Adelsberger Grotte und an zahlreichen anderen

Digitized by Google

Orten bewundern können. Wir finden dort Tropfsteingebilde mit vielen Metern Höhe und einem Durchmesser, der mitunter ebenfalls mehr als 1 m beträgt. Auch diese Kolosse sind in der gleichen Weise entstanden wie die kleinen, eiszapfenähnlichen Gebilde — Tropfen um Tropfen mußte fallen, und jeder seine Spur hinterlassen. Wie lange aber die Natur gebraucht, um solch eine gewaltige Säule zu bauen, ja welche Zeit nur das Wasser benöthigt hat, um die unterirdischen Höhlen auszuwaschen, das entzieht sich unserer Berechnung. Die Natur arbeitet eben langsam, aber — consequent.



Tropfsteingebilde, genannt „der Brillant", aus der Adelsberger Grotte. (Nach einer Photographie von M. Schäber in Adelsberg.)

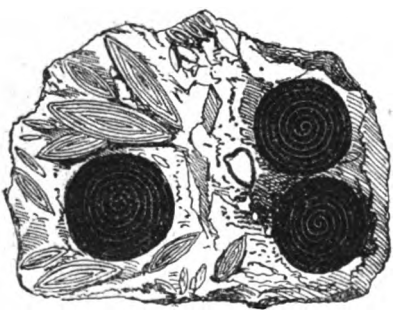
An der Ablagerung des kohlensauren Kalkes, der gelöst in fast allen Wässern enthalten ist, betheiligten und betheiligen sich aber auch zahlreiche Thierformen, wie Schalthiere, Seesterne, die korallenbauenden Polypen und endlich die Wurzelfüßer oder Rhizopoden, welche in allen Meeren in zahlreichen, und oft phantastischen Formen verbreitet sind. Sie concentriren den im Wasser gelösten kohlensauren Kalk und bilden daraus die feste Schale, welche ihren Leib umgiebt. Nach dem Tode dieser Thierchen sinkt dann die Schale zu Boden und haben sich solche Kalkschalen seit Millionen von Jahren in ungeheuren Massen auf dem Meeresgrunde angehäuft. Zunächst bilden sie allerdings nur einen lockeren Schlamm.

Durch den Druck neuer Anlagerungen wird er aber immer dichter und compacter, und verdichtet sich endlich zu festen Massen, welche dann durch geologische Umwälzungen gehoben wurden und sich an der Gebirgsbildung betheiligten.

Digitized by Google

Die ältesten aus dem Meere abgesetzten Flözgebirge, die Urgneis- und Urschieferformationen, die Uebergangsgebirge, enthalten die Schalen dieser Kammerthierchen, wenn auch nur vereinzelt. Eine mächtige Entwickelung erreichten dagegen diese Rhizopoden in der Kreide- und Tertiärperiode, und wenn wir den Staub der gewöhnlichen Schreibkreide unter das Mikroskop bringen, so erblicken wir eine Unzahl solcher, meist sehr zierlicher Kalkschalen.

„Der Grobkalk von Paris" — sagt Haeckel — „aus welchem viele Paläste dieser Weltstadt erbaut sind, besteht größtentheils aus solchen Schalen. 1 cm³ Kalk aus den Steinbrüchen von Gentilly enthält ungefähr 20.000, 1 m³ demnach 20 Millionen Schalen. Die größten Polythalamien lebten während der ältesten Tertiärzeit, während der Eocänperiode. Unter ihnen sind die Riesen des Protistenreiches, die gigantischen Nummuliten, deren scheibenförmige Kalkschalen die Größe eines Zweithalerstückes erreichen. Der von ihnen erzeugte Nummulitenkalk, aus dem unter anderen die ägyptischen Pyramiden gebaut sind, bildet die ungeheueren Gebirgsmassen des Nummulitensystemes. Dies ist eines der gewaltigsten Gebirgssysteme der Erde, das von Spanien und Marokko bis nach Indien und China hinüber reicht und an der Bildung der Pyrenäen, der Alpen, des Libanon und Kaukasus, des Altai und Himalaya den bedeutendsten Antheil nimmt. In welchen ungeheueren Massen die Polythalamien auch gegenwärtig unsere Meere noch bevölkern, geht daraus hervor, daß z. B. der Sand der Mittelmeerküste an vielen Stellen aus den Schalen lebender Polythalamienarten besteht. Max Schultze berechnete ihre Menge in einem Eßlöffel Seesand von Gaeta auf mehr als Hunderttausend."



Nummulitenkalk.

So verbreitet nun auch der kohlensaure Kalk in der Natur ist, so selten kommt er in völlig reinem Zustande vor. Vielmehr ist er in der Regel durch Thon, Eisenoxyd, Alkalien, organische Substanzen u. s. w. verunreinigt, und sowohl die Natur als auch die Menge dieser Verunreinigungen bestimmt die Verwendbarkeit des Kalksteines, dessen wichtigste Anwendung in der Bereitung von Aetzkalk besteht.

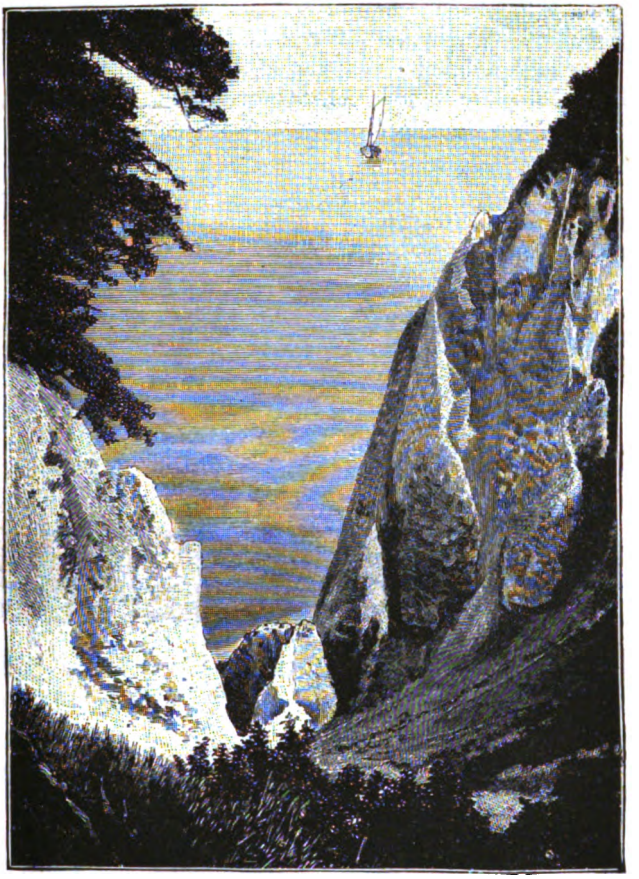
Wird kohlensaurer Kalk mit einer Säure behandelt, so treibt diese die schwächere Kohlensäure aus und setzt sich an deren Stelle. Es entsteht dann, je nach der Art der Säure, welche man verwendet hat, salzsaurer Kalk (Chlorcalcium), schwefelsaurer Kalk u. s. f.

Dagegen kann die Zerlegung auch noch auf eine andere Weise und durch ein anderes Hilfsmittel geschehen, wobei dann der Aetzkalk, im chemischen Sinne das Oxyd des Metalles, Calcium, Calciumoxyd oder kurzweg „Kalk" genannt, hinterbleibt, und zwar durch das „Brennen". Die Verbindung von Calcium mit

Digitized by Google

Kohlensäure ist nämlich nur bei relativ niederer Temperatur beständig. Wird dagegen kohlensaurer Kalk einer Temperatur von 800 bis 1000° ausgesetzt, so entweicht die Kohlensäure, es hinterbleibt das Calciumoxyd oder der Aetzkalk.

Der Aetzkalk besitzt nun wesentlich andere Eigenschaften als der Kalkstein. Er zieht begierig Feuchtigkeit an, verbindet sich langsam wieder mit der in der Luft enthaltenen Kohlensäure und ist leichter wie der kohlensaure Kalk, da er durch das Brennen wohl 44% Kohlensäure verliert, sein Volumen jedoch nur um 10 bis 15% verringert.



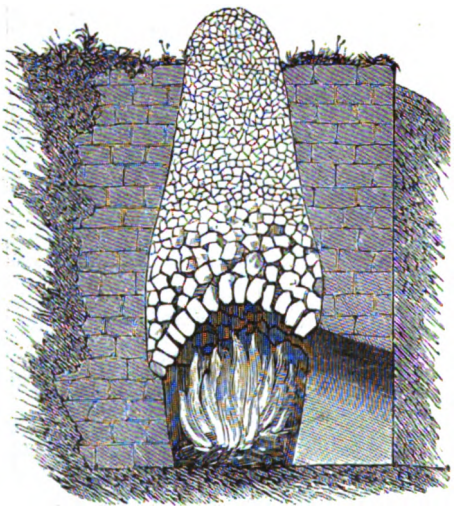
Kreidefelsen auf Rügen.

Wird Aetzkalk mit Wasser befeuchtet oder übergossen, so verbindet er sich mit diesem zu Calciumhydroxyd (Kalkhydrat, gelöschter Kalk). Es ist dies die dem Aetzkali und Aetznatron analoge Verbindung des Metalles Calcium, sie besteht aus den Elementen Calcium, Sauerstoff und Wasser, und besitzt ebenfalls ätzende Eigenschaften. Der Uebergang des Calciumoxydes in Calciumhydroxyd findet jedoch unter bedeutender Wärmeentwickelung statt, welche unter Umständen so groß ist, daß das zum Löschen dienende Wasser zu kochen beginnt. Gleichzeitig vergrößert der Aetzkalk bedeutend sein Volumen, und zerfällt schließlich zu einem feinen Pulver, welches mit Wasser einen Brei liefert, der zur Mörtelbereitung dient. Vermengt man dagegen den gebrannten Kalk mit einer großen Menge Wasser, so erhält man die Kalkmilch, in welcher Form der Kalk in zahlreichen chemischen Industrien als billiges Alkali angewendet wird.

Das Brennen des Kalkes ist durchaus keine so einfache Operation, wie man vielleicht denken mag. Zunächst müssen die einzelnen Kalksteinstücke entsprechend

Digitized by Google

zerkleinert werden, da kleinere Stücke leichter und rascher von der Hitze durchdrungen werden wie große. Ferner darf die Temperatur während des Brennens nicht zu nieder sein, da sonst die Stücke nicht „gar" werden. Sie sind dann zwar oberflächlich in Aetzkalk umgewandelt, im Inneren bergen sie jedoch noch kohlensauren Kalk, der mit Wasser nicht gelöscht werden kann. Wird dagegen ein mit Thon verunreinigter Kalkstein bei zu hoher Temperatur gebrannt, so wird ebenfalls kein tadelloses Product erhalten; vielmehr sintert er an der Oberfläche zusammen und löscht sich dann nur sehr schwer oder überhaupt nicht, auch verhindert die sich bildende harte Rinde das Entweichen der Kohlensäure aus dem Inneren der Stücke, so daß hier unveränderter kohlensaurer Kalk hinterbleibt. Solcher Kalk wird als „todtgebrannt" bezeichnet.



Gewöhnlicher Kalkofen.

Das Brennen des Kalkes geschieht in Meilern, Gruben, Feldöfen oder Kalköfen der verschiedensten Construction. Die Meiler werden auf einem ebenen Platze in der Weise angelegt, daß man eine ungefähr 1 m tiefe, als Heizcanal dienende Grube aushebt, sie mit größeren Kalksteinstücken in solcher Weise überwölbt, daß die Flamme frei durchspielen kann, und darüber wechselnde Lagen von Kalkstein und Brennstoff, gewöhnlich Steinkohlenklein aufschichtet, so daß ein Kegel entsteht. Dieser wird mit einer Lehmschicht umkleidet. In ähnlicher Weise werden die Gruben hergestellt. Die Feldöfen bestehen gewöhnlich aus einem, in einen Hügel eingebauten, die Form eines umgekehrten Kegelstumpfes besitzenden Schacht, dessen Wandungen aus Kalkstein ohne Mörtel aufgebaut, und dessen Sohle wie bei den Meilern und Gruben mit einer aus Kalkstein hergestellten und überwölbten Feuergasse versehen wird.

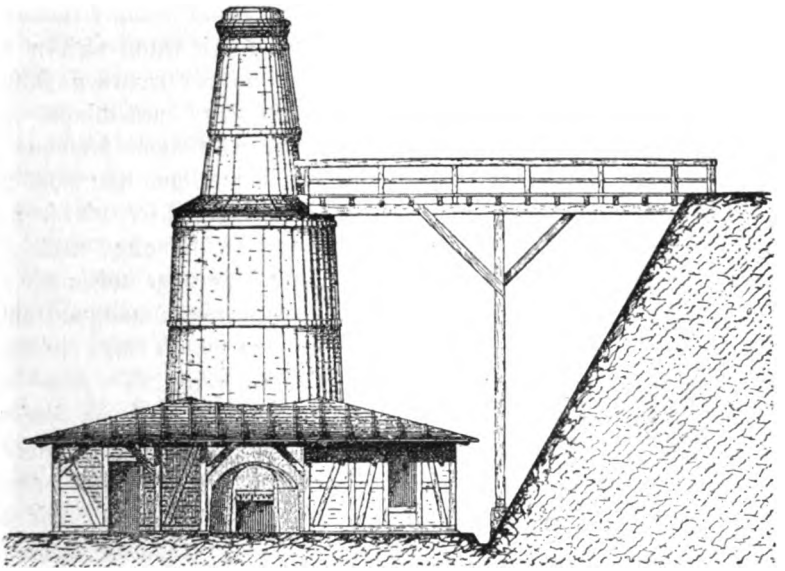
Die Leistungsfähigkeit dieser Vorrichtungen ist jedoch nur gering und außerdem verbrauchen sie sehr viel Brennmaterial. Ihre Anwendung wird also nur dort am Platze sein, wo das Brennmaterial in reichlicher Menge und billig zu haben ist.

Ein weit besseres und billigeres Product erzielt man dagegen durch das Brennen in Kalköfen, deren Leistungsfähigkeit auch weit größer ist. Diese wurde aber auch dadurch wesentlich gesteigert, daß man Oefen für den ununterbrochenen Betrieb construirte, bei welchen oben in regelmäßigen Zeitabschnitten Kalkstein und Brennmaterial aufgegeben, und unten gargebrannter Aetzkalk ausgezogen wird.

Ein sehr zweckmäßiger Kalkofen mit continuirlichem Betrieb ist der Bock'sche Schachtofen, welcher 2000 bis 3000 kg gebrannten Kalk pro Tag zu liefern vermag.

Digitized by Google

Er besitzt vor anderen ähnlichen Constructionen den Vortheil, daß sich die Arbeiter nicht in heißen Räumen aufhalten müssen, weil sowohl das Einbringen des Kalksteines als auch das Abziehen der gargebrannten Waare von außen geschieht. Ferner braucht der Ofen während der Nacht keine Bedienung, da eine Füllung für zwölf Stunden ausreicht, und endlich können sehr geringwerthige Brennstoffe, wie beispielsweise der Kohlenabfall der Locomotiven verwendet werden. Die Kalkstücke und der Brennstoff werden über die den Ofen mit dem Steinbruche verbindende Brücke zugefahren und abwechselnd in den Ofen eingetragen, während der gebrannte Kalk an der Ofensohle herausgezogen wird.



Bock'scher Schachtofen, Ansicht.

Außer dieser einen beschriebenen Construction eines Kalkofens besteht noch eine große Zahl anderer, theils ähnlich, theils abweichend construirter, deren Besprechung wir aber um so eher übergehen können, da das Brennen des Kalkes doch ein Vorgang ist, welcher uns wohl wegen der dabei eintretenden chemischen Veränderungen, nicht aber durch seine Ausführung selbst interessirt.

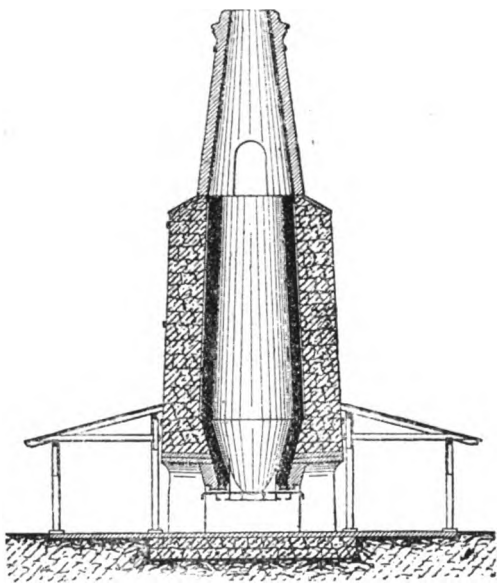
Das Verhalten des gebrannten Kalkes gegenüber Wasser haben wir schon kennen gelernt, es erübrigt nun noch jene Veränderungen zu betrachten, welche der gelöschte Kalk erleidet, wenn er im Gemenge mit Sand als Mörtel Verwendung gefunden hat.

Der Aetzkalk sowohl, wie auch der gelöschte Kalk, das Calciumhydrat besitzt das Bestreben, sich wieder mit Kohlensäure zu verbinden, wieder kohlensaurer Kalk, Kalkstein zu werden. Die dazu nöthige Kohlensäure entnimmt er der Luft.

Digitized by Google

Indem man nun nicht bloß gelöschten Kalk als Kitt für die Bausteine verwendet, sondern vorher noch Sand zufügt, vertheilt man den Kalk über eine größere Oberfläche; außerdem ermöglichen die Sandkörner die Bildung kleiner Hohlräume, in welche Luft eindringen kann, welcher der Aetzkalk die Kohlensäure entzieht. Ferner tritt mitunter der Sand, beziehungsweise die in diesem enthaltene Kieselsäure mit dem Kalk selbst in Beziehungen, indem sich an der Oberfläche der Sandkörner eine dünne Schicht von kieselsaurem Kalk bildet.

Wenn sich jedoch der gelöschte Kalk mit Kohlensäure sättigt und dabei erhärtet, so wird wieder jenes Wasser ausgetrieben, das der Aetzkalk durch das Löschen aufgenommen und chemisch gebunden hat. Dieses in Freiheit gesetzte Wasser ist die Ursache, daß Neubauten noch längere Zeit feucht bleiben und daß aus scheinbar trockenen Mauern die Feuchtigkeit neuerdings austritt, sobald die Räume bewohnt werden. Wir können uns nun wohl unschwer die Ursache dieser oft sehr unliebsamen Erscheinung erklären. Mit jedem Athemzuge stoßen wir ein nicht unbedeutendes Quantum Kohlensäure aus und enthält daher ein bewohnter Raum wesentlich mehr Kohlensäure als die Luft im Freien. Der noch in Form von gelöschtem Kalk vorhandene Kalk findet daher reichlich Gelegenheit, sich mit Kohlensäure zu verbinden, wobei Wasser austritt. Mit großem Erfolge steuert man in unserer schnell bauenden Zeit diesem Uebelstande in der Weise, daß man die Räume ausheizt. Man stellt große, mit Coaksstücken gefüllte eiserne Körbe in die einzelnen Gelasse und zündet den Coaks an. Durch seine Verbrennung entsteht reichlich Kohlensäure, welche den Kalk in kohlensauren Kalk umwandelt. Gleichzeitig wird aber die austretende Feuchtigkeit durch die Hitze zum rascheren Verdampfen gebracht und so der gewünschte Zweck vollständig erreicht: die Gebäude und Wohnungen so rasch als möglich auszutrocken und bewohnbar zu machen.



Bock'scher Schachtofen, Durchschnitt.

Ein anderes Material, welches ebenfalls als Mörtel, jedoch auch zu anderen Zwecken verwendet wird, ist der Gips. Seiner chemischen Zusammensetzung nach ist er wasserhaltiger, schwefelsaurer Kalk, je ein Molecül schwefelsaurer Kalk krystallisirt nämlich mit zwei Molecülen Krystallwasser.

In der Natur ist der Gips weit verbreitet; er tritt sowohl in großen Gebirgsmassen, oft untermengt mit dem schon mehrmals erwähnten Anhydrit, d. i.

Digitized by Google

schwefelsaurer Kalk (wasserfrei), in dichten Massen, sowie auch krystallisirt als Marienglas und Alabaster auf.

Wird der Gips auf 110 bis 120° erhitzt, so verliert er fast das gesammte Krystallwasser; mit Wasser zusammengebracht, bindet er jedoch wieder die zwei Molecüle, die ihm durch das Brennen entzogen wurden, und erstarrt dann zu einer ziemlich festen Masse. Darauf beruht seine Verwendung als Mörtel, zur Anfertigung von Gipsabgüssen u. s. f.

Die Eigenschaft rasch und leicht zu erhärten, zeigt aber nur solcher gebrannter Gips, dem durch das Brennen nicht das gesammte Krystallwasser entzogen wurde, sondern der noch 3 bis 5% desselben enthält; im ungebrannten Gips beträgt seine Menge 21%. Wurde er beim Brennen zu stark erhitzt, „todtgebrannt", und des gesammten Krystallwassers beraubt, so nimmt er Wasser nur sehr langsam wieder auf und ist zu den erwähnten Zwecken nicht verwendbar. Dies ist auch der Grund, weshalb man nicht den in der Natur vorkommenden Anhydrit an Stelle des gebrannten Gipses verwenden kann.

Während der Kalkmörtel und der Gips nur an der Luft die Eigenschaft besitzen, zu erhärten, unter Wasser dagegen nicht binden, da sie von diesem ausgelaugt, beziehungsweise zum Theile gelöst werden, vermögen die hydraulischen Mörtel auch unter Wasser fest zu werden. Diese Eigenschaft ist auf einen Gehalt mancher Kalksteine an kieselsaurer Thonerde zurückzuführen; solche Kalksteine werden als „Mergel" bezeichnet.

Man ist aber zur Herstellung solcher hydraulischer Mörtel, die zur Aufführung von Wasserbauten die größte Bedeutung besitzen, nicht allein auf das natürliche Vorkommen geeigneter Kalksteine angewiesen. Man hat vielmehr auch gelernt, sie durch Mischung thoniger und kalkhaltiger Materialien, Brennen derselben und staubfeine Mahlung zu bereiten, ein solches Kunstproduct ist der bekannte Portlandcement.

Die Eigenschaft, unter Wasser zu erhärten, nehmen die hydraulischen Kalke erst an, wenn sie stark gebrannt wurden. Es giebt jedoch auch natürliche Cemente, wie den Traß, die Puzzuolane und den Santorin, die nur der Mahlung und der Mischung mit Kalk bedürfen, um sofort zur Mörtelbereitung geeignet zu sein, hier hat aber die Natur selbst schon den Brennproceß durchgeführt. Diese Cemente entstammen nämlich vulcanischen Gegenden und sind durch die Hitze von Lavaströmen und vulcanischen Eruptionen gebrannt worden.

Die Verwendung der Cemente ist sehr ausgedehnt. Sie dienen nicht nur zur Ausführung von Wasserbauten, sondern auch zur Bereitung von Gußstücken, wie Rinnen, Rohren, Verzierungen für Bauten u. s. w., die sich durch große Widerstandsfähigkeit gegenüber atmosphärischen Einflüssen auszeichnen.

Die Eigenschaften der Puzzuolane und der Santorinerde waren schon den Römern bekannt, die sich ihrer als Zuschlag zum Wassermörtel bedienten. Ihre große Brauchbarkeit gerieth aber in Vergessenheit und erst in den Vierzigerjahren wurden die Eigenschaften und Vorzüge dieses Cementes durch den Geniehauptmann

Digitized by Google

Weiler neuerdings entdeckt und bekannt gemacht. Die Entdeckung der Möglichkeit, Cemente durch Mischungen verschiedener Stoffe herzustellen, ist in letzter Linie auf eine Beobachtung John Smeaton's zurückzuführen, als er im Jahre 1756 den zerstörten Eddystone-Leuchtthurm wieder aufbaute. Er fand nämlich, daß alle Kalksorten, welche einen unter Wasser erhärtenden Mörtel liefern, sich durch einen gewissen Gehalt in Säuren unlöslicher Stoffe, nämlich von Thon und Sand auszeichnen. Erst im Jahre 1824 stellte man aber auf Grund dieser Wahrnehmung den ersten künstlichen Cement durch geeignete Mischung der Rohmaterialien her. Es war dies der weltbekannte Portlandcement, dessen Name von dem in England vielfach benützten Portlandsteine abgeleitet wurde, dem er nach dem Erhärten mit Bezug auf Farbe und Festigkeit sehr ähnlich ist.

Digitized by Google

# Die Keramik.

Die Aufgabe der keramischen Industrie ist die Verarbeitung des in der Natur vorkommenden Thones zu den verschiedensten Erzeugnissen, wobei je nach der Natur der darzustellenden Gegenstände die mannigfachsten Verfahren, Vorrichtungen und Apparate zur Anwendung gelangen. Die Mauerziegel sind ebenso keramische Erzeugnisse, wie das feinste Porzellan in seiner künstlerisch vollendetsten Ausführung und es wird dem Laien vielleicht sonderbar vorkommen, daß zwischen diesen beiden, so verschiedenen Kunstproducten ein Zusammenhang bestehen soll. Und doch ist dies der Fall, denn der Rohstoff ist in beiden Fällen der gleiche, wenn auch von verschiedener Reinheit. Auch die Verarbeitung zeigt gewaltige Unterschiede, trotzdem gehört sowohl der Mauerziegel, die Drainröhre und der gewöhnliche Topf in die gleiche Kategorie, wie die Meißener Porzellanfigur und die künstlerisch bemalte Tasse aus feinstem Altwiener Porzellan.

Die Keramik oder in gutem Deutsch die Töpferkunst ist eben ein schönes Beispiel, wie durch vervollkommnete Methoden, durch gründliches Studium der chemischen Eigenschaften des Rohstoffes und endlich durch den veredelten Geschmack die Industrie sich auf eine immer höhere Stufe hebt und endlich nicht nur Gebrauchsgegenstände in tadelloser Ausführung, sondern auch Artikel, die zu den edelsten Erzeugnissen der Kunstindustrie zu zählen sind, hervorbringt.

Die Herstellung von Gefäßen aus Erdarten, also die Töpferkunst, ist unzweifelhaft eine der ältesten Künste, welche der Mensch auszuüben gelernt hat. Dafür bilden zahlreiche Funde, welche an vielen Orten Europas, Afrikas und Amerikas gemacht wurden, ein sprechendes Zeugnis und man kann mit vollster Berechtigung sagen, daß die Töpferkunst schon in einer der gegenwärtigen vorangehenden Erdbildungsperiode betrieben wurde, somit zu einer Zeit, welche weit hinter jener

Digitized by Google

liegt, in welcher die assyrischen und ägyptischen Städte und das durch Schliemann zu neuem Leben erweckte Troja Homer's blühten.

Bekanntlich hat man zuerst im Neuenburgersee in der Schweiz die Entdeckung gemacht, daß Menschen, welche während der Diluvialperiode lebten, sich in eigenthümlicher Weise gegen Ueberfälle durch Thiere oder feindliche Stämme zu schützen suchten.

Sie errichteten nämlich ihre Wohnungen nicht auf dem festen Lande, sondern auf Pfählen, die in den Schlammboden des Sees getrieben wurden, so

Pfahlbaufunde aus dem Laibacher Moor, $^1/_2$ natürl. Gr.

daß sie mit dem Ufer nur durch rasch abzubrechende Brücken oder auf primitiven Kähnen verkehren konnten. Man hat diese Ansiedler, die auf der untersten Stufe der Cultur standen, als „Pfahlbauern" bezeichnet. Die Ueberreste ihrer Mahlzeiten, die unbrauchbar gewordenen Hausgeräthe wurden von ihnen naturgemäß ins Wasser geworfen, und aus dem Schlamme und Schutt, welcher sich im Laufe der Jahrtausende um diese Ueberreste der Pfahlbauten anhäufte, hat man neben zerschlagenen und des Markes beraubten Knochen von Thieren, die in der Diluvialzeit gelebt hatten, auch Gegenstände hervorgezogen, welche unbedingt durch Menschenhände geschaffen wurden. Man fand neben Feuersteinwaffen, geröstetem Getreide, Resten von Fischnetzen u. s. w. in diesem Schutte sehr häufig Scherben von gebrannten Thongefäßen. Dies ist wohl der sprechendste Beweis, daß jene

Digitized by Google

Pfahlbauern, die zu einer Zeit gelebt haben, die wir nicht einmal annähernd zu bestimmen im Stande sind, schon die Kunst verstanden, aus gewissen Erdarten Gefäße herzustellen.

Auch im Nilthale hat man eine bemerkenswerthe Entdeckung gemacht. Bekanntlich überfluthet der Nil alljährlich das Land und hinterläßt auf diesem eine Schicht Schlamm, welchem es seine Fruchtbarkeit verdankt. Als man nun einst durch diese Schlammschichten einen tiefen Schacht niedertrieb, stieß man in bedeutender Tiefe auf Reste von Thongefäßen, die ihrer Ausführung nach zwar

Altägyptische Thon-, Metall- und Glasfabrikate.

schon eine gewisse Vollkommenheit zeigten, die jedoch ganz verschieden waren von jenen Ueberresten der Töpferkunst, die man im Nilthale an anderen Stellen gefunden hatte. Als man nun versuchte, das Alter dieser stummen Zeugen längst vergangener Tage festzustellen, was durch Zählung der einzelnen Schlammschichten, die der Nil abgelagert hatte, mit einer gewissen Genauigkeit möglich war, kam man zu dem überraschenden Resultate, daß das Alter dieser keramischen Erzeugnisse auf 15.000 bis 17.000 Jahre nach unserer Zeitrechnung anzuschlagen sei.

Ueberhaupt erfreute sich bei allen alten Völkerschaften nebst der Bildhauerkunst die Keramik großer Pflege, denn die Eigenschaft des Thones, sich leicht formen und bilden zu lassen, forderte ja geradezu zu seiner Benützung und Ver-

Digitized by Google

arbeitung heraus und konnte dieſe Eigenſchaft beſonders benützt werden, um wichtige Ereigniſſe und Begebenheiten ohne beſondere Mühe und für lange Zeit

Chaldäiſche Inſchriften in Strich- und Keilſchrift.

feſtzuhalten. So finden wir bei den Aſſyrern Tafeln und Täfelchen aus Thon, die mit eigenthümlichen Zeichen bedeckt ſind. Mittelſt eines Griffels wurden dieſe Zeichen, die Keilſchrift, in die plaſtiſche Maſſe eingegraben und dann durch Brennen

Griechiſche Vaſenmaler. Auf einem unteritaliſchen Schalenbild.

fixirt. Man hat dieſe Schriftzeichen leſen gelernt und verdanken wir denſelben die wichtigſten Aufſchlüſſe über die Geſchichte des untergegangenen, durch ſeine Bauwerke und vorgeſchrittene Cultur aber hochintereſſanten Volkes der Aſſyrer.

Digitized by Google

Bei den Culturvölkern des Alterthumes, den Phöniciern, Aegyptern und Griechen, finden wir die Töpferei schon bis zur Kunstfertigkeit entwickelt, wovon ebenfalls zahlreiche Funde beredtes Zeugnis ablegen. Auch die ostasiatischen Culturvölker, die Chinesen und Japaner, haben schon in sehr früher Zeit die Thonindustrie auf eine hohe Stufe der Vollkommenheit gehoben, und schon Gegenstände, die wir unbedingt als Kunstwerke bezeichnen müssen, zu einer Zeit geliefert, als die europäischen Völker kaum über die untersten Anfänge der Töpferkunst hinaus gelangt waren.

Tanagrafiguren.

Auch in Griechenland, das in mehr als einer Beziehung ein Hort der Künste und Wissenschaften war, pflegte man die Keramik, und brachte sie zu hoher Entwickelung. Besonders zeichnen sich die Werke der griechischen Thonbildner, die wir in zahlreichen, oft wunderbar erhaltenen Exemplaren in allen bedeutenderen Museen bewundern können, durch schöne, edle Formen aus, die heute noch als mustergiltig bezeichnet werden müssen und unsere verschiedenen Kunstrichtungen immer noch veredelnd beeinflussen. Die Griechen waren aber nicht nur Meister in der Herstellung schön geformter und verzierter Thongefäße, auch die Plastik bediente



Digitized by Google

sich des Thones zur Hervorbringung von Kunstwerken, unter welchen die Tanagrafiguren noch heute unser Entzücken und unsere Bewunderung hervorrufen.

Auch in Italien war schon in frühen Tagen eine Pflegestätte der Keramik entstanden. Dort lebte das Volk der Etrusker, über welches uns fast jede geschichtliche Nachricht mangelt. Doch haben wir zahlreiche Zeugen ihres hoch entwickelten

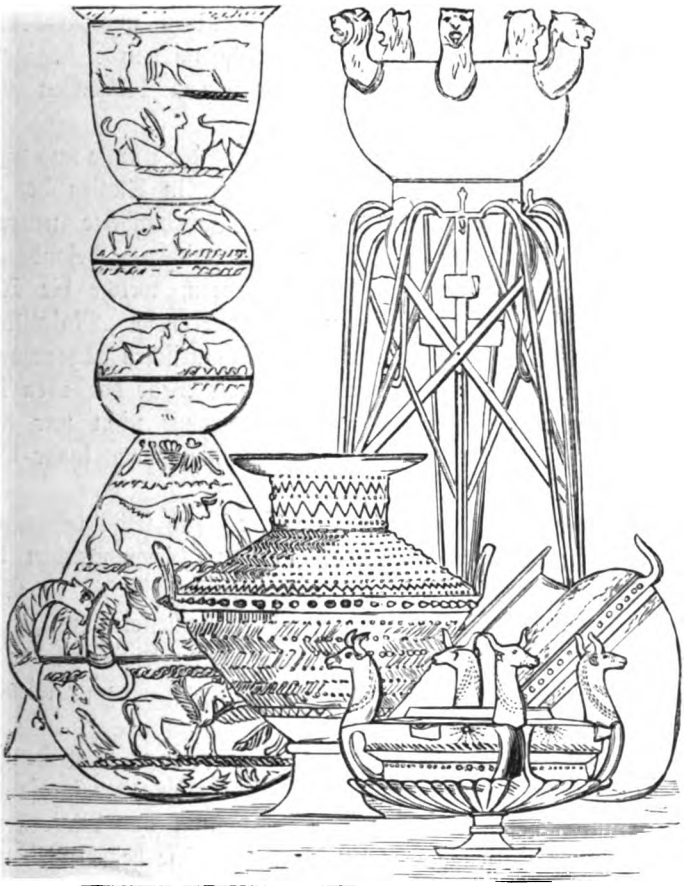
Arabische Topf- und Vasenhändler.

Kunstsinnes, jene Gefäße, die wir heute als unschätzbare Hauptzierden unserer keramischen Sammlungen bewundern und welche schon zur Zeit der römischen Kaiser sich einer bedeutenden Werthschätzung erfreuten. Das Material, dessen sich die Etrusker bedienten, war ein farbiger, gelblicher, rother oder rothbrauner Thon, auf welchem die Zeichnungen in schwarzer oder brauner Farbe aufgetragen wurden. Jene Gefäße, welche rothe Zeichnungen auf schwarzem Grunde tragen, entstammen schon einer späteren Zeit. Immer müssen wir aber nicht nur die schöne Form der

Digitized by Google

Gefäße, die frei von dem griechischen veredelnden Einflusse zu Stande kam, sondern auch die Reinheit der Umrisse der Zeichnungen die sowohl einzelne Figuren, wie auch häufig ganze Begebenheiten zur Darstellung bringen, bewundern.

Auch den Römern war die Herstellung von Thongefäßen wohlbekannt, da sie jedoch in erster Linie ein kriegerisches Volk waren, leisteten sie in künstlerischer



Etruskische Gefäße.

Beziehung im Vergleiche mit den Griechen nur Geringes. Es darf uns daher nicht wundern, daß sie auch auf keramischem Gebiete nichts Hervorragendes zu Stande brachten und sich hauptsächlich damit begnügten, griechische und etruskische Gefäße mit mehr oder weniger Geschick und Geschmack nachzubilden.

Als die Stürme der Völkerwanderung über Europa dahinbrausten, gerieth manche bis dahin blühende Industrie, die den Keim zur erfolgreichen Weiterentwickelung in sich trug, in Vergessenheit. Dies war auch mit der Keramik



Digitized by Google

als Kunstindustrie der Fall. Dagegen bildete sich zu jener Zeit bei den Mauren, die sich in Spanien niedergelassen hatten, die Kunst der Bearbeitung des Thones außerordentlich aus und erreichte eine hohe Stufe der Vollendung. Heute noch bewundert man in den Ruinen der Alhambra in Granada zahlreiche Werke, die aus jener Blüthezeit der Keramik stammen, besonders herrlich glasirte Ziegel- und Thonverzierungen, die zwar — der Religionsvorschrift gemäß — keine Darstellungen von Begebenheiten, dagegen Blumen, Blüthen und Arabesken in vollendetster Ausführung darstellen. Die eigentliche Töpferei wurde dagegen besonders von den Arabern auf der Insel Majorca zu einem blühenden Großgewerbe ausgebildet.

Mit dem Eintritte ruhigerer Zeiten begannen auch die Künste und Wissenschaften zu neuem Leben zu erwachen und war dies zuerst in Italien der Fall. Hier sehen wir auch, wie die Töpferkunst im 13. Jahrhunderte neuerdings aufblühte, um eine hohe Stufe der Entwickelung zu erreichen. Besonders waren es die mit farbigen Glasuren überzogenen Töpferwaaren, welche die Italiener im 14. und den folgenden Jahrhunderten unter dem Namen „Majolika" — wohl abgeleitet von „Majorca", dem Stammsitze der maurischen Thonwaarenindustrie auf der Insel gleichen Namens — in ausgezeichneter Weise darstellen lernten, und welche sich noch heute, trotzdem die moderne Keramik nicht nur das Gleiche, sondern, dank der Fortschritte und der verbesserten Methoden, sogar Besseres hervorzubringen vermag, großer Werthschätzung erfreuen.

Diese Majolikaindustrie blieb aber nicht auf sich selbst beschränkt, sondern sie machte ihren veredelnden Einfluß auch auf das Gesammtgebiet der Keramik geltend. Die Majolikafabrikanten waren naturgemäß bestrebt, die Glasuren der Gefäße und die Pracht der Farben fortwährend zu verbessern und zu verschönern, und von ihnen lernten jene Töpfer, die sich in erster Linie mit der Herstellung von Gebrauchsgegenständen befaßten, manchen Kunstgriff, den sie wieder bei ihren Erzeugnissen in geschickter Weise zur Geltung brachten.

Von Italien wurde die Kunst der Majolikafabrikation nach Deutschland und Frankreich verpflanzt, wo sie besonders in Nürnberg sich der sorgsamsten Pflege erfreute. In Frankreich wurde neben der Herstellung von Majoliken auch die Erzeugung emaillirter Steinzeuggefäße betrieben und diese beiden Producte bildeten bis zur Erfindung des Porzellans die Höhepunkte der Fabrikation von Thonwaaren aus geringerem Material.

Während die bis nun angeführten Töpferwaaren eigentlich mehr als Kunstgegenstände zu bezeichnen sind, da das Schwergewicht bei ihrer Darstellung auf schöne Form, Farbe und Glasur gelegt wurde, bildeten sich gleichzeitig auch Pflegestätten für jene Richtung der Töpferei, die mehr praktischen Zwecken zu dienen hat, in gewissen Ländern heraus. Neben den ordinären Töpferwaaren, deren Material sich nicht viel von jenem der gewöhnlichen Ziegelsteine unterscheidet, wurde auch werthvolleres Geschirr aus besserem Material erzeugt. Hieher gehören besonders jene Producte, welche man in Deutschland als Steinzeug oder Steingut,

Digitized by Google

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

später in Frankreich als Fayence und in England nach dem hochverdienten Thonwaarenfabrikanten Josuah Wedgwood als Wedgwood bezeichnete.

In Deutschland entwickelte sich die Steinzeugfabrikation besonders kräftig in der Umgebung von Vallendar am Rhein, daher erhielt diese Gegend auch den Namen „Kannenbäckerland", den sie auch heute noch mit vollem Rechte führt. In den Niederlanden wurde die Stadt Delft und ihre Umgebung der Sitz einer hochentwickelten Thonwaarenindustrie, die namentlich im 16. Jahrhunderte zur höchsten Blüthe gedieh; in Frankreich wurde die Fabrikation des Steinzeuges schon im 15. Jahrhunderte schwunghaft betrieben. Nach England wurde die Kunst der Steinzeugfabrikation von niederländischen und Nürnberger Meistern verpflanzt. Dort entwickelte sie sich namentlich in der Grafschaft Staffordshire zu einer mächtigen und auch heute noch blühenden und sich weiter entwickelnden Großindustrie, die alles, oder doch fast alles dem segensreichen Wirken Wedgwood's, dessen Namen wir schon nannten, zu verdanken hat. Wedgwood wurde im Jahre 1730 als Sohn eines armen Töpfers geboren; seinem Scharfsinn und seiner Tüchtigkeit, gepaart mit einer nimmer ruhenden Arbeitslust und Arbeitskraft, gelang es, die Steinzeugfabrikation wesentlich zu vervollkommnen und ihre Erzeugnisse zu verschönern und zu veredeln. Schon im Jahre 1770 hatte er seinen Producten ein so bedeutendes Ansehen verschafft, daß er die Fabrikation in größerem Maßstabe aufnehmen und eine kleine Fabriksstadt, der er den trefflich gewählten Namen „Etruria" verlieh, gründen konnte. Er starb 1792 zu Etruria, was er geleistet und geschaffen, blieb aber erhalten. Die von Wedgwood ins Leben gerufene Industrie gedieh prächtig weiter und heute giebt sie fast 200.000 Menschen Brot und Arbeit.

Obwohl nun schon die altitalienischen und die deutschen Majolikafabrikanten eine große Reihe bedeutsamer Erfindungen bezüglich der Glasuren und Farben gemacht hatten und Wedgwood die Keramik durch zahlreiche Verbesserungen wesentlich hob, waren dennoch alle Bemühungen der europäischen Keramiker, Geschirre herzustellen, welche sich mit jenen chinesischen oder japanischen Thonwaaren, die man als Porzellan bezeichnete, vergleichen ließen, ohne Erfolg geblieben. Alles zu jener Zeit in Europa befindliche Porzellan, das mit den höchsten Preisen bezahlt wurde und nur als Kunstgegenstand zur Verwendung kam, stammte aus China, über seine Darstellung war aber nichts bekannt.

Der erste, welcher über die Fabrikation des Porzellans einige Kunde nach Europa brachte war der venetianische Reisende Marco Polo (1295), doch lernte man erst im Jahre 1474 aus Berichten, welche der venetianische Gesandte am persischen Hofe nach Venedig schickte, die Fabrikation des chinesischen Porzellans näher kennen. Diese Mittheilungen waren aber so mangelhaft und unvollständig, daß es trotz aller Bemühungen nicht gelang, ein der chinesischen Waare nur halbwegs ähnliches Erzeugnis zu erhalten. Alle Versuche waren vergebens; das Ende des 17. Jahrhundertes zuerst in Frankreich hergestellte „Porzellan" war dem chinesischen zwar ähnlich, besaß aber durchaus nicht dessen Widerstandsfähig-

Digitized by Google

keit und Festigkeit. Es war nur durch sehr umständliche Verfahren darzustellen, und eigentlich nichts anderes, als eine Glasmasse, die man durch Beimengungen weißer Substanzen undurchsichtig gemacht hatte.

Erst einem Deutschen, dem sächsischen Hofalchymisten Johann Friedrich Böttcher war es vorbehalten, das Verfahren, Porzellan darzustellen aufzufinden und dadurch hat er gewiß der Menschheit einen größeren Dienst erwiesen, wie wenn sein Ruf, ein Goldmacher zu sein, in welchen er eigentlich nur durch die Verkettung einer Reihe merkwürdiger Umstände gelangte, sich bewahrheitet hätte. Die erwähnte Entdeckung gelang ihm im Jahre 1709 und schon im Jahre 1710 wurde zu Meißen die erste Porzellanfabrik auf europäischem Boden errichtet, welche dauernd im Besitze des sächsischen Staates verblieb und auch heute noch besteht.

Die Fabrikation des Porzellans ist unstreitig jener Zweig der Thonwaaren-industrie, welcher die höchste Stufe der Entwickelung derselben darstellt. Im Laufe des scheidenden Jahrhundertes hat er sich zu einem ganz selbständigen Gewerbe ausgebildet, auch ging mit der Ausbreitung der Porzellanindustrie eine Verminderung des Preises der Porzellanwaaren Hand in Hand, so daß Porzellangegenstände im gewöhnlichen Leben immer häufiger benützt wurden und vielfach an die Stelle der Thonwaaren besserer Qualität traten. In jüngerer und jüngster Zeit hat endlich die Keramik und besonders jener Zweig derselben, welcher sich mit der Herstellung des Porzellans befaßt, durch die zielbewußten Forschungen eines deutschen Gelehrten, des Directors der Berliner königl. Porzellanmanufactur, Dr. Hermann Seger (geb. 1839, gest. 1893) einen neuen bedeutenden Anstoß nach Vorwärts erhalten. Es wurde nicht nur die Fabrikation verbessert, die farbigen Verzierungen um manche neue und prächtige Nuance bereichert und endlich von Seger das neue Weichporzellan, nach ihm Segerporzellan genannt, erfunden, sondern eines der bedeutendsten und wichtigsten Verdienste Seger's besteht darin, daß er eigentlich einen neuen Zweig der Chemie, die keramische Chemie schuf, und dadurch auch auf dem großen Gebiete der Thonwaarenindustrie den Zusammenhang zwischen theoretischer Chemie und ihrer bis dahin mehr oder minder unbewußten Anwendung in der Praxis herstellte. Durch die Forschungen und Arbeiten Seger's trat eigentlich erst die Keramik in die Reihe der chemischen Industrie ein und sein Name wird auch nach Jahrhunderten ebenso genannt werden, wie jener Böttcher's. Wir ersehen aus dieser kurzen Schilderung, daß deutscher Gewerbefleiß und deutsches Wissen und Können nicht nur das ganze große Gebiet der Keramik vielfach erweitert und vervollkommt hat, sondern daß unser heutiges Porzellan eine deutsche Erfindung ist, die ganz unabhängig von der schon seit Jahrtausenden in China geübten Porzellanfabrikation gemacht wurde. Die beiden Marksteine in dieser blühenden Industrie, der wir nicht nur prächtige Kunstgegenstände, sondern auch all die zahlreichen Porzellangeräthschaften des täglichen Lebens verdanken, sind aber Böttcher und Seger, von denen sich besonders der letztere die größten Verdienste um die Porzellanfabrikation erwarb.

Digitized by Google

Bevor wir nun zur Darstellung der verschiedenen keramischen Erzeugnisse übergehen, liegt es in der Natur der Sache, daß wir uns zunächst mit den Eigenschaften und der Entstehung des Rohstoffes, des Thones, vertraut machen.

Unter der Bezeichnung „Thon" versteht man eine Gruppe von Körpern, die wohl alle aus einem und demselben Material, dem Feldspathe, durch den Vorgang der Verwitterung entstanden sind, die jedoch eine so große Verschiedenheit in chemischer und physikalischer Hinsicht zeigen, wie wir sie kaum an einem zweiten Material wahrnehmen können. Dies zeigt sich besonders deutlich, wenn wir uns zwei Extreme, die feine weiße Porzellanerde und den groben, nur zu den ordinärsten Fabrikaten verwendbaren Lehm vergegenwärtigen. In chemischer Hinsicht sind beide dasselbe, kieselsaure Thonerde oder Thon, und die gewaltigen Unterschiede in den Eigenschaften dieser beiden Körper werden nur durch die fremden Substanzen bedingt, welche sie beigemengt enthalten, beziehungsweise welche in ihnen fehlen. Denn während die Porzellanerde nahezu reine kieselsaure Thonerde ist, ist der Ziegelthon, der Lehm, durch Eisenoxyd und Kalk, durch Gesteintrümmer u. s. w. verunreinigt.

Die Entstehung des Thones ist ein eigentlich sehr complicirter chemischer Proceß, hervorgerufen durch die verschiedenen atmosphärischen Einflüsse, wie Hitze und Kälte, Regen und Luft, welcher sich zwar stetig und noch immer, jedoch nur mit großer Langsamkeit vollzieht. Das Material, aus welchem der Thon hervorgegangen ist, sind Mineralien, die kieselsaure Thonerde neben kieselsauren Alkalien enthalten. Die „Thonerde" selbst ist aber nichts anderes als die Verbindung eines Metalles mit Sauerstoff, nämlich Aluminiumoxyd, das Oxyd jenes schönen, silberweißen und ungemein leichten Metalles, welches man erst seit wenigen Jahren billig im Großen darzustellen gelernt hat. Indem also die atmosphärischen Einflüsse, Wärme und Kälte auf diese, kieselsaure Thonerde und kieselsaure Alkalien enthaltenden Mineralien einwirken, werden dieselben in ihrem Gefüge gelockert. In die entstandenen Risse und Sprünge vermag nun Wasser einzudringen, welches im Vereine mit der Kohlensäure eine Zersetzung bewirkt, wobei die kieselsauren Alkalien gelöst und fortgeführt werden, die kieselsaure Thonerde aber, also jene Substanz, welche wir als „reinen Thon" bezeichnen, hinterbleibt. Wird dann der reine Thon durch die Gewalt des fließenden Wassers fortgetragen, dabei mit anderen Mineralien vermengt und schließlich wieder abgelagert, so entstehen die verschiedenen, mehr oder minder reinen Varietäten, deren wir schon gedacht haben.

Die Mineralien, welche ihrer chemischen Zusammensetzung nach Thone zu liefern vermögen, sind ziemlich zahlreich; es gehören zu ihnen der Feldspath, der Porzellanspath und einige Gebirgsgesteine, wie gewisse Porphyre und Trachyte. Die Hauptmenge des Thones entstand und entsteht noch heute aber unstreitig aus dem bekannten Mineral, dem Feldspathe oder Orthoklas, und man findet nicht selten Massen, welche bis zu einer gewissen Tiefe aus reinem Thone bestehen, während sie im Inneren noch einen Kern aus unverändertem Feldspathe bergen.

Digitized by Google

Die Feldspathe bestehen der Hauptsache nach aus kieselsaurer Thonerde in Verbindung mit kieselsaurem Kali, welchen außerdem noch geringe Mengen Magnesia, Kalk und Wasser beigemengt sind. Im Allgemeinen ist die Zusammensetzung nur ganz geringen Schwankungen unterworfen und selbst Feldspathe, welche von räumlich weit entfernten Fundstätten stammen, besitzen eine sehr ähnliche Zusammensetzung, wie die folgende Zusammenstellung veranschaulicht:

| | Fundort | | |
|---|---|---|---|
| | Newcastle in Delaware, Nord-Amerika | Sargadelos in Galicien, Spanien | Halle in Sachsen |
| Kieselsäure | 62·20 | 62·00 | 62·76 |
| Thonerde | 19·78 | 19·48 | 19·20 |
| Kali | 15·14 | 15·72 | 14·90 |
| Magnesia | 0·50 | 0·12 | 0·18 |
| Kalk | 0·58 | 0·35 | 0·46 |
| Eisen- und Manganoxyd | Spur | Spur | Spur |
| Wasser | 1·53 | 1·64 | 1·70 |
| Verlust | 0·27 | 0·69 | 0·80 |
| | 100·00 | 100·00 | 100·00 |

Das reinste Vorkommen des Thones führt den Namen Porzellanerde oder Kaolin. Sie bildet eine weiße, poröse, an der Zunge haftende und leicht zerreibliche Masse. Je nachdem nun der reine Thon mit größeren oder geringeren Mengen anderer Substanzen vermengt vorkommt, entstehen verschiedene Varietäten des Thones, welche sich sowohl in chemischer, wie auch in physikalischer Hinsicht sehr wesentlich voneinander unterscheiden. Für die Bearbeitung des Thones sind die physikalischen Eigenschaften fast wichtiger, wie die chemischen, und sie sind es besonders, welche die Eignung eines Thones für die verschiedenen Zweige der Keramik bestimmen.

Als wichtigste physikalische Eigenschaft muß die Bildsamkeit bezeichnet werden, ihr reiht sich die Schwindungsfähigkeit an. Die Bildsamkeit oder Elasticität ist jene Eigenschaft, dank welcher der mit Wasser vermengte Thon eine teigartige Masse bildet, welche sich mit größerer oder geringerer Leichtigkeit in beliebige Formen bringen läßt. Die Schwindungsfähigkeit dagegen bedingt, daß eine mit Wasser zu einem Teige angemachte Thonmasse während des Austrocknens und noch mehr während des Brennens ihr Volumen vermindert, indem sie sich zusammenzieht.

Durch das Brennen werden die Thone dicht und hart; manche Thone erlangen einen solchen Härtegrad, daß sie mit dem Stahle geschlagen, Funken geben. Wird der Thon, wie es bei dem Brennprocesse der Fall ist, allmählich erwärmt und schließlich bis zum Glühen erhitzt, so verflüchtigt sich zunächst das mechanisch beigemengte Wasser, erst bei einer bedeutend höheren Temperatur entweicht auch das chemisch gebundene Wasser, so daß mit dem Brennproceß eine

Digitized by Google

Veränderung der chemischen Zusammensetzung des Thones Hand in Hand geht. Dabei ändert er auch seine chemischen Eigenschaften; denn während der ungebrannte Thon durch Behandlung mit Schwefelsäure „aufgeschlossen", d. h. unter Abscheidung von Kieselsäure gelöst wird, wird die gebrannte und dabei dicht gewordene Thonsubstanz durch Säure nicht mehr verändert.

Sehr wichtig ist auch die Veränderung der Farbe, welche der Thon durch das Brennen erfährt. Am häufigsten nehmen Thone, welche im natürlichen Zustande eine fast weiße, gelbe, braune oder graublaue Farbe besitzen nach dem Brennen eine mehr oder minder lebhafte rothe Farbe an. Diese entsteht dadurch, daß das im Thone ursprünglich vorhandene Eisenoxydul oder Eisenoxydulhydrat in roth gefärbtes Eisenoxyd übergeht. Da das Eisenoxyd die Eigenschaft besitzt, bei verschiedenen Temperaturen verschiedene Farbentöne anzunehmen, so kann man durch Anwendung verschieden hoher Hitzegrade beim Brennen eines und desselben Thones eine ganze Farbenreihe herstellen, welche mit hellroth beginnt und durch dunkelroth und braunviolett endlich in schwarz übergeht. Andererseits hat man es auch durch Mischen zweier Thone von verschiedener Färbung in der Hand, sehr schöne Farbentöne zu erzielen; eine hübsche Farbe der fertigen Waare ist besonders für solche Thongegenstände von Wichtigkeit, welche nicht glasirt werden sollen.

Von sehr großer Wichtigkeit für die Eignung eines Thones zu den verschiedenen Zwecken ist sein Verhalten in starker Hitze. Nur außergewöhnlich reine Thone widerstehen den höchsten Hitzegraden, die wir in den Brennöfen hervorzubringen im Stande sind, vollständig und können als „feuerfest" im wahren Sinne des Wortes bezeichnet werden. Doch besitzen bloß sehr wenige Thone diese werthvolle Eigenschaft und sind hieher die reinsten Porzellanthone zu zählen.

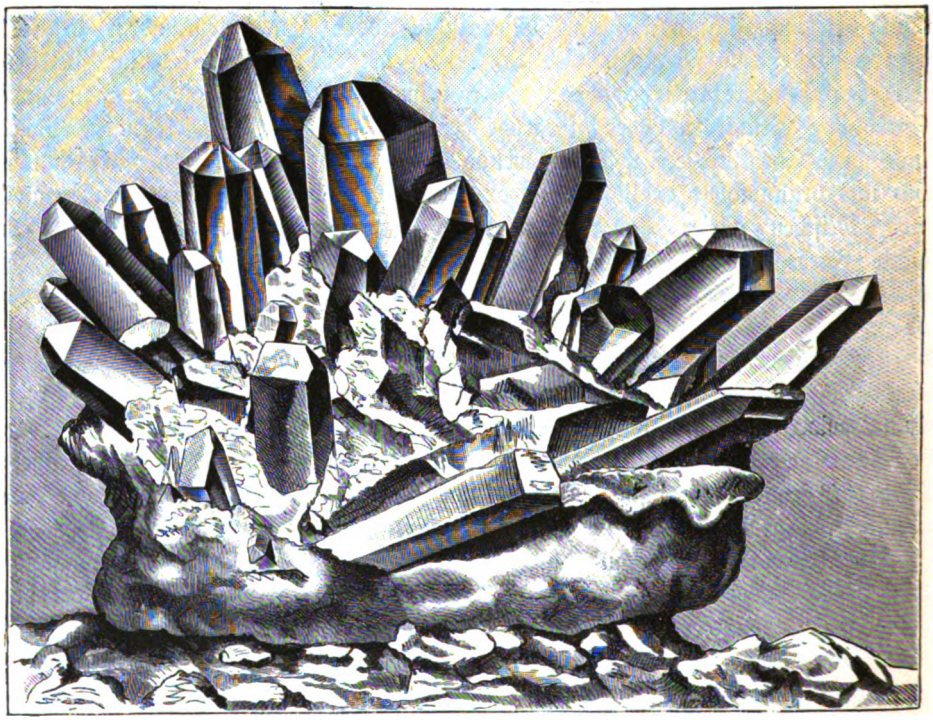
Ein Gehalt eines sonst ganz reinen Thones an Kieselsäure (Quarzsand), welcher bis 20% beträgt, bewirkt schon eine gewisse Schmelzbarkeit. Bei einer Temperatur, welche wenig über jener liegt, bei welcher Gußstahl schmilzt, überzieht sich dieser Thon mit einer glasartigen Rinde, wodurch das beginnende Schmelzen zum Ausdrucke kommt.

Dagegen sind Thone, welche Kalk enthalten, sehr strengflüssig. Ist aber neben Kalk noch Quarzsand vorhanden, so nimmt trotzdem ihre Schmelzbarkeit bedeutend zu. Es entsteht dann nämlich bei hoher Temperatur eine Verbindung, welche in ihrer Zusammensetzung einem Glase von sehr hohem Schmelzpunkte gleicht, und aus einem Doppelsalze von kieselsaurer Thonerde und kieselsaurem Kalk besteht.

Nur in den seltensten Fällen wird ein Thon unmittelbar in dem Zustande, in welchem er in der Natur gefunden wird, für keramische Zwecke, besonders wenn es sich um die Herstellung besserer Waare handelt, verwendbar sein. Vielmehr erhält er — abgesehen von der mechanischen Bearbeitung — gewisse Zusätze, durch welche sowohl seine physikalischen Eigenschaften, als auch sein Verhalten bei höheren Temperaturen beeinflußt wird.

Digitized by Google

So werden nicht plastische Substanzen, die sogenannten „Magerungsmittel“, dem Thone zu dem Zwecke beigemengt, entweder einen sehr bildsamen, fetten Thon minder bildsam, magerer zu machen, oder aber auch zu dem Zwecke, um ihm eine höhere Feuerbeständigkeit zu ertheilen. Als Magerungsmittel benützt man gewöhnlich Kieselsäure, sogenannte Chamotte, Scherben von Thongefäßen, Ziegelmehl, Steinkohlenasche, Magnesia, Graphit, Holzkohle, Sägespäne, Stroh, Häckerling u. s. w. Wir sehen also, daß eine große Reihe der verschiedensten Substanzen dem Thone beigemengt wird.



Bergkrystalldruse.

Wir wollen uns nur eine derselben etwas näher betrachten, es ist dies die Kieselsäure, welche sowohl in der Keramik, als auch in der Glasindustrie eine sehr bedeutende Rolle spielt.

In der Natur kommt die Kieselsäure sehr häufig und in sehr verschiedenen Formen vor; namentlich sind es aber zwei Varietäten der Kieselsäure, welche hier unser Augenmerk auf sich ziehen: nämlich die krystallisirte und die nicht krystallisirte, die amorphe Kieselsäure.

Die krystallisirte Kieselsäure wird nur in der Glühhitze durch Schmelzen mit Alkalien (Kali, Natron) oder mit alkalischen Erden (Kalk) angegriffen, und bildet

Digitized by Google

dann mit diesen Körpern Salze oder „Silicate". Als Vertreter dieser Form der Kieselsäure kann der Bergkrystall angesehen werden.

Die nicht krystallisirte, die „amorphe", d. i. formlose Kieselsäure wird schon durch längere Berührung mit den Lösungen von Alkalien, z. B. mit Kalilauge gelöst; bei Kochhitze vollzieht sich dieser Vorgang ziemlich leicht. Während die krystallisirte Kieselsäure hauptsächlich nur in Form von Mineralien anzutreffen ist, kommt die amorphe Kieselsäure auch häufig als Bestandtheil von Pflanzenleibern vor. So besteht beispielsweise die sogenannte Infusorienerde, welche wir schon bei Besprechung der Darstellung des Dynamites kennen lernten, zum großen Theile aus den ungemein kleinen, nur dem bewaffneten Auge sichtbaren Kieselpanzern von Algen, sie wird auch „Kieselguhr" genannt. Der bekannteste Vertreter der amorphen Kieselsäure ist der auch als Schmuckstein sehr geschätzte Opal.

Ein Zusatz von Kieselsäure zu einem Thone hat entweder die Aufgabe, diesen weniger plastisch oder magerer zu machen, oder man bezweckt damit, einem Thone, welcher sehr arm an Kieselsäure ist, jene Menge Kieselsäure zuzuführen, welche erforderlich ist, um den Thon bei einem bestimmten Hitzegrad sintern zu machen.

Die ebenfalls als Magerungsmittel dienende Chamotte ist gebrannter feuerfester Thon, welcher wieder in feines Mehl verwandelt wurde. Man stellt sie entweder eigens durch Brennen feuerfester Thone her, oder verwendet die Scherben feuerfester Thongegenstände, wie von Porzellanmuffeln, Trümmer von Ofenausmauerungen, welche aus feuerfestem Material bestanden u. s. w., da das Brennen der Chamotte mit beträchtlichen Kosten verbunden ist. Porzellanscherben dienen als Magerungsmittel für Porzellanmassen, Ziegelmehle wendet man zu dem gleichen Zwecke für Thonwaaren an, welche zwar nicht feuerfest sein müssen, welchen man aber eine größere Festigkeit zu ertheilen wünscht.

Kommt die Dichte des gebrannten Thones nicht in Betracht, sondern handelt es sich nur darum, daß das Gewicht der Masse so gering wie möglich sei, so mischt man dem Thone kleine, leicht verbrennliche Körper bei, wie Sägespäne, Holzmehl, Stroh, Häckerling, Holzkohlenpulver u. s. f. Beim Brennen der Thonmasse zersetzen sich dann diese organischen, in dem Thone eingeschlossenen Körper unter Hinterlassung einer sehr porösen Kohle, welche die Ursache ist, daß solche Thongegenstände ein größeres Volumen, jedoch nur ein geringes Gewicht besitzen.

Durch den Zusatz der sogenannten „Flußmittel" bezweckt man dagegen der Thonmasse die Porosität zu nehmen.

Wird nämlich ein von jedem Flußmittel freier Thon gebrannt, so entsteht eine poröse Masse. Fügt man dagegen dem Thone einen Körper bei, welcher bei hoher Temperatur in der Weise zersetzend auf den Thon einwirkt, daß eine schwer schmelzbare, frittende oder sinternde Masse entsteht, so erhält der Thon durch das Brennen nun ganz andere Eigenschaften. Bei der hohen Temperatur, welche nämlich zur Hervorbringung der gefritteten Masse nöthig ist, werden die Thontheilchen durch das Flußmittel gleichsam aneinander geklebt, und

Digitized by Google

dadurch die Porosität verringert. Durch die Menge dieses Zuschlages hat man es in der Hand, die Eigenschaften der gebrannten Waare beliebig zu verändern. Wird eine bedeutende Menge des Flußmittels zugesetzt, so umhüllt es die unschmelzbaren Thontheilchen vollständig, und diese werden dann gleichsam in ein schwer schmelzbares Glas eingeschmolzen.

Die Mehrzahl der Thone enthalten nun zwar schon von Natur aus eine gewisse Menge von Flußmitteln beigemengt, was bedingt, daß solche Thone nicht feuerfest sind. Anderen Thonen muß dagegen ein solches Flußmittel zugefügt werden, um ihre Porosität soweit zu vermindern, daß die aus dem Thone geformten Gefäße keine Flüssigkeit durchlassen.

Als Flußmittel können die verschiedensten Körper verwendet werden. So werden in der Keramik gebraucht: verschiedene Varietäten von Feldspath, Granit, Granitstaub, dann Kalk, Kreide, Mergel, Gips, Knochenerde, Phosphorit, Speckstein, Magnesit, endlich Hochofenschlacken, von der Gewinnung des Eisens herrührend, Eisenerze, Eisenhammerschlag u. s. f.

Bevor wir nun zur Besprechung der eigentlichen keramischen Industrien übergehen, wollen wir noch einen Blick auf jene Materialien werfen, welche zur Erzeugung der Glasuren dienen. Diese sind es, durch welche man nicht nur im Stande ist, den verschiedenen Erzeugnissen der Töpferkunst ein gefälliges Aeußere zu verleihen, sondern welche auch die Thongefäße vollständig undurchläßig machen und ihnen eine gewisse Widerstandsfähigkeit gegen chemische Agentien verleihen. Wie schon ihr Name andeutet, sind die Glasuren Massen, welche mit dem Glase eine gewisse Aehnlichkeit besitzen. Man kann sie auch thatsächlich als Gläser bezeichnen, deren Zusammensetzung und Schmelzbarkeit jenen Massen angepaßt ist, welche mit einer Glasur überzogen werden sollen.

Außer den beiden angedeuteten verfolgt man durch die Glasur aber noch einen dritten Zweck. Man will nämlich dadurch die natürliche Farbe des Thones verdecken, und erreicht dies in der Weise, daß man die Glasur undurchsichtig macht und sie außerdem färbt. Während das charakteristische Merkmal für die feinste Glasur, d. i. jene, welche bei weißem Porzellane angewendet wird, in ihrer vollkommenen Durchsichtigkeit und Farblosigkeit liegt, wendet man für mindere Thonwaaren nicht nur unreinere Materialien an, welche an und für sich schon eine farbige Glasur liefern, sondern man setzt ihnen außerdem noch Farbstoffe zu.

Soll eine Glasur alle ihre Zwecke erfüllen, so muß sie haltbar und dauerhaft sein; dies wird erreicht, indem man ihr nach Möglichkeit das gleiche Ausdehnungs- und Zusammenziehungsvermögen ertheilt, wie der darunter liegenden Thonmasse. Nur dann wird sie nach dem raschen Erwärmen und Erkalten des betreffenden Gegenstandes unversehrt bleiben, während sie im anderen Falle unzählige Risse und Sprünge bekommt, die anfangs zwar kaum sichtbar sind, aber bald deutlich hervortreten.

Das Zerspringen der Glasuren ist in allen Fällen ein Beweis dafür, daß sie fehlerhaft zusammengesetzt sind. Doch auch hier giebt es eine Ausnahme. Es

Digitized by Google

sind dies jene Porzellangegenstände, bei welchen man das Zerspringen der Glasur absichtlich herbeiführt und die auf ihrer Oberfläche entstehenden unzähligen Aederchen, Risse und Sprünge als decoratives Moment benützt, in ähnlicher Weise, wie dies bei einer eigenthümlichen Art von Glaskunstgegenständen geschieht. Solche Gegenstände werden als „craquelé" bezeichnet.

Im Allgemeinen kann man zwei Arten von Glasuren unterscheiden, nämlich die bleifreien Alkali- und Alkali-Erden-Glasuren und die bleihaltigen Glasuren, welche entweder nur aus kieselsaurem Blei bestehen, oder neben diesem noch Borsäure, Alkalien, Zinnoxyd, Antimonoxyd ꝛc. enthalten und sich in ihren Eigenschaften den Emaillen nähern.

Die Alkaliglasuren können wir als Natrongläser betrachten, welche eine gewisse Menge kieselsaurer Thonerde enthalten, und demnach zu den schwer schmelzbaren und widerstandsfähigen Glassorten gehören. Auf Steinzeuggegenständen werden diese Glasuren in sehr einfacher Weise angebracht. Sobald nämlich die Geschirre im Ofen in heftiger Glut stehen, wird Kochsalz in den Ofen geworfen. Dieses ist bei der hohen Temperatur flüchtig, und der Kochsalzdampf zerlegt sich in Berührung mit der Kieselsäure der zu glasirenden Gefäße in der Weise, daß kieselsaures Natron entsteht, welches sich mit einem Theile der vorhandenen kieselsauren Thonerde zu einem Doppelsilicate, also zu einem Glase vereinigt.

An Stelle des Kochsalzes kann auch eine concentrirte Lösung von Wasserglas verwendet werden; es ist dies kieselsaures Natrium, ein in Wasser lösliches Salz der Kieselsäure. Beim Glühendwerden des Gefäßes während des Brennens verbindet sich das kieselsaure Natrium mit der kieselsauren Thonerde und man erreicht dadurch genau das gleiche, wie durch das Glasiren mit Salz.

Auch Glaubersalz, d. i. schwefelsaures Natrium kann als Glasurmittel dienen, dunkelfarbige Glasuren werden durch Mengen von Soda oder Potasche mit Basaltmehl dargestellt u. s. f.

Die Alkali-Erden-Glasuren enthalten neben kieselsauren Alkalien und kieselsaurer Thonerde auch noch kieselsauren Kalk. Sie zeichnen sich besonders durch ihre große Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einwirkungen, sowie durch die Schwerschmelzbarkeit aus; sie werden vorzugsweise zum Glasiren von hartem Porzellan verwendet und aus Quarzmehl, Kaolin, Feldspath, Gips und Porzellanmehl (durch Zerkleinern von Bruchporzellan erhalten) bereitet.

Während die erwähnten beiden Glasurarten schwer schmelzbar sind, bilden die Bleiglasuren durchwegs leicht schmelzbare Glasuren, welche jedoch chemischen Einwirkungen nur sehr schlecht widerstehen.

Zu ihrer Darstellung dient entweder gemahlener oder geschlämmter Bleiglanz, d. i. Schwefelblei oder Mennige, die bekannte rothe Farbe, endlich wird auch Bleiweiß angewendet.

Häufig setzt man den Bleiglasuren außer Bleioxyd, Kieselsäure und Natron oder Kali noch Zinnoxyd oder Antimonoxyd zu. Man erhält dadurch farblose Bleinatron- oder Bleikaligläser, in welche das Zinnoxyd oder Antimonoxyd in

Digitized by Google

sehr feiner Vertheilung eingelagert ist und die Undurchsichtigkeit und die weiße Farbe der Glasurmasse bedingt. Solche Glasuren werden häufig angewendet, um Thongegenständen, welche aus gelbem oder dunklen Material verfertigt wurden, ein gefälliges, weißes Aussehen zu ertheilen, beispielsweise werden die gewöhnlichen weißen „schwedischen" Kachelöfen mit solchen Glasuren versehen. Man kann auch solchen Emaillglasuren färbende Metalloxyde zusetzen und dadurch nicht nur farbige Glasuren, sondern auch sehr schöne künstliche Effecte erzielen.

Von gesundheitlichem Standpunkte wird gegen die Anwendung solcher Bleiglasuren zum Glasiren von Speisegeräthen mit Recht Einsprache erhoben. Diese Glasuren sind nämlich chemischen Einflüssen ziemlich stark unterworfen, sie werden schon von jenen organischen Säuren angegriffen, welche in vielen Speisen vorkommen, wie Essig-Milch-Wein- und Aepfelsäure, und es ist nicht ausgeschlossen, daß dadurch Bleiverbindungen, welche sehr giftig sind, in die Speisen gelangen. Wenn nun auch die Menge der Bleiverbindungen, welche auf diesem Wege in die Speisen gelangen kann, relativ gering ist, so ist doch schon diese Thatsache selbst hinreichend, um solche bleiglasirte Geschirre von der Verwendung als Küchen- und Tafelgeschirr auszuschließen, umsomehr, als man ja durchaus nicht auf diese Glasuren angewiesen ist und sie durch andere, ebenso schöne, aber weitaus widerstandsfähigere ersetzt werden können.

Wir haben nun, dem Namen nach, eine Reihe von Thonwaaren kennen gelernt und haben gesehen, daß sie alle aus mehr oder minder reinem Thon unter Verwendung verschiedener Zusätze hergestellt werden. Ehe wir uns aber mit den einzelnen Stadien der Fabrikation selbst vertraut machen, wird es von Vortheil sein, wenn wir uns eine Uebersicht über die einzelnen keramischen Fabrikate verschaffen. Hecht theilt sie nach der Beschaffenheit des „Scherbens" in folgende Gruppen ein:

I. Poröse Thonwaaren. Scherben saugend, an der Zunge hängend, porös; Bruch erdig.

1. Der Scherben ist wenig klingend; glasirt oder unglasirt:
   a) leichtflüssig: Mauerziegel;
   b) schwerflüssig: Feuerfeste Fabrikate.
2. Der Scherben ist ziemlich klingend, gelblich bis röthlich und leichtflüssig:
   a) Glasur undurchsichtig oder durchsichtig: Töpferwaare; unglasirt Terracotta;
   b) Glasur undurchsichtig, weiß oder gefärbt: Zinnglasur oder ordinäre Fayence.
3. Der Scherben ist ziemlich klingend, weiß oder nahezu weiß und schwerflüssig:
   a) Steingut, feine Fayence.

II. Dichte Thonwaaren. Scherben nicht mehr saugend, sondern geschlossen, d. h. gesintert, dicht; Bruch muschelig.

1. Der Scherben ist nicht weiß und fast nicht durchschimmernd, beziehungsweise nicht durchscheinend:

Digitized by Google

a) unglasirt: Wedgwood, Klinker u. s. w.;
b) glasirt: Steinzeug.

2. Der Scherben ist weiß und durchscheinend, glasirt oder unglasirt:
a) Biscuitporzellan;
b) Weichporzellan;
c) Hartporzellan.

In der Reihenfolge dieser übersichtlichen Zusammenstellung wollen wir nun auch die Erzeugung der einzelnen Thonwaarenfabrikate besprechen und mit der Herstellung des gewöhnlichen Backsteines, des Mauerziegels, beginnend bis zum feinsten Porzellan fortschreiten.

Die Mauerziegel bilden gewissermaßen die niederste Kaste unter dem ansehnlichen Geschlechte der keramischen Erzeugnisse. Trotzdem sind sie aber von hervorragender Bedeutung, da sie ja das Material zur Ausführung der meisten Bauten bilden. Es ist gewiß interessant, daß schon die alten Völker, die Aegypter wie die Juden, die Kunst verstanden, durch Brennen von Thon regelmäßige, als Baumaterial verwendbare keramische Erzeugnisse herzustellen; diese nützliche Kunst, deren Anfänge wir schließlich in der Verwendung ungebrannter Thonziegel, hergestellt durch Trocknen geformter Lehmblöcke an der Sonne, denen zur innigeren Vereinigung der einzelnen Theilchen noch Stroh oder Thierhaare beigemengt wurden, zu erblicken haben, hat sich von Geschlecht zu Geschlecht vererbt. Die ersten Ziegel — und noch heute wird dieses Verfahren geübt — wurden ausschließlich durch Handarbeit geformt. Der Lehmbrei wurde in Formen gestrichen oder geschlagen, getrocknet und gebrannt. Die unerläßliche Vorbereitung des Lehmes bestand in einem gründlichen Durchkneten desselben, zum Brennen dienten einfache Oefen. Heute besorgt einen großen Theil dieser Arbeiten, ja in vielen Ziegeleien, die für die Massenproduction eingerichtet sind, die gesammte Arbeit die Maschine. Sie bearbeitet den Lehm und formt daraus die Ziegel, außerdem hat man gelernt, zweckmäßige, für den ununterbrochenen Betrieb geeignete Ziegelöfen zu bauen. Man hat dadurch nicht nur die Leistung solcher Ziegeleien wesentlich gesteigert, sondern auch ein besseres und werthvolleres Product herstellen gelernt.

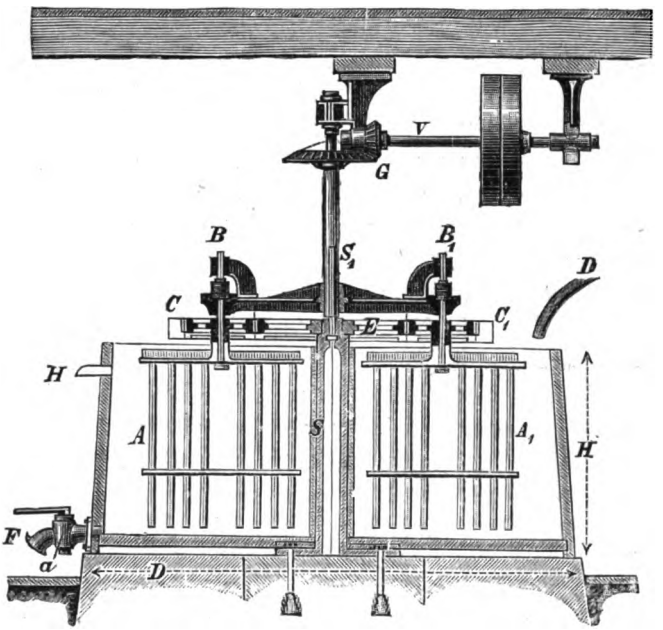
Der Mauerziegel ist aber nicht das einzige, in diese Kategorie der keramischen Erzeugnisse gehörende Fabrikat. Auch die Dachziegel in ihren verschiedenen Formen, sowie die Drainröhren gehören hieher. Sie alle werden heute mit Hilfe von Maschinen geformt und nur dadurch ist man im Stande, ein ebenso gleichartiges als billiges Massenproduct auf den Markt zu bringen.

Bevor jedoch der Thon — in seiner unreinen, gewöhnlich zur Ziegelfabrikation dienenden Form Lehm geheißen — verarbeitet werden kann, muß er einer mechanischen Bearbeitung unterzogen werden, um jene Eigenschaften zu erlangen, welche man von ihm beansprucht. Natürlich richtet sich diese Bearbeitung ganz nach der Natur des herzustellenden Fabrikates. Ein Thon, der nur zur Darstellung von Mauerziegeln, Drainröhren u. s. f. dienen soll, erhält — schon aus rein materiellen Gründen — eine weit minder sorgfältige Aufbereitung, wie

Digitized by Google

ein auch schon von Natur aus weit reinerer Thon, der zur Herstellung der besseren Töpferwaaren dienen soll. Jene Thone, welche zur Anfertigung hochfeiner Waare, etwa des Porzellans, zu dienen haben, müssen der aufmerksamsten Vorarbeit unterzogen werden, um wirklich jenes werthvolle Material zu liefern, aus welchem allein tadelloses Porzellan hergestellt werden kann.

Der Zweck aber, den man durch die Aufbereitung des Thones zu erreichen bestrebt ist, ist bei allen Thonsorten der gleiche: man sucht die Bildsamkeit der Masse zu erhöhen, man befreit sie von den mechanisch beigemengten Verunreinigungen, und mischt sie, wenn nöthig mit den verschiedenen Zusätzen.



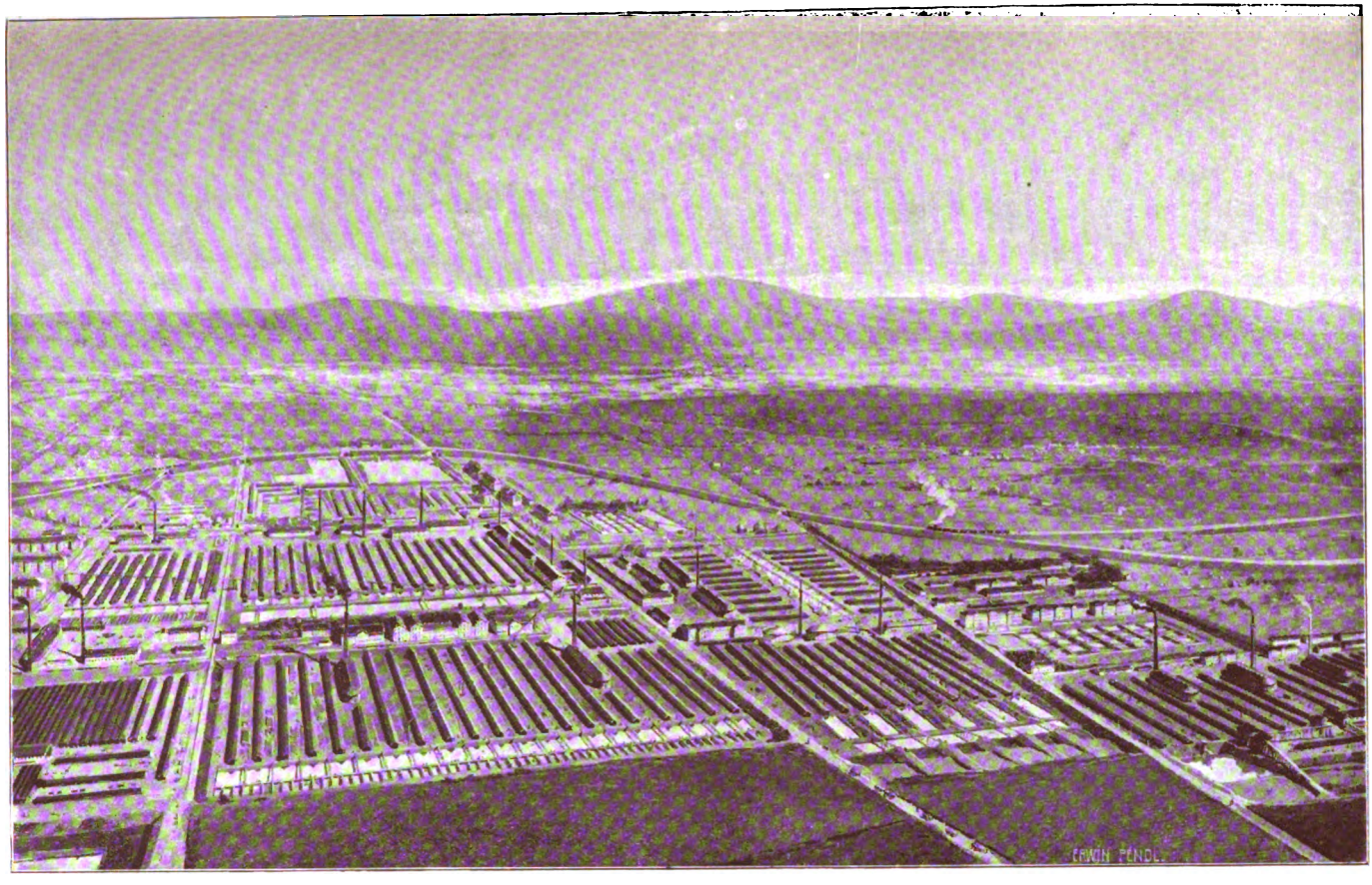
Stehende Schlämmvorrichtung.

Schon bei der Gewinnung wird der Thon einer Reinigung unterzogen, indem die Arbeiter angewiesen sind, größere Steine, Mergelknollen, Wurzeln und überhaupt jeden größeren Fremdkörper auszulesen; man gewinnt so den Thon in Form größerer, harter Stücke.

Um dann die gewöhnlich sehr fest aneinander haftenden Thontheilchen zu trennen, wird die Masse der „Auswinterung" unterworfen. Zu diesem Zwecke schüttet man den Thon im Freien in nicht zu hohen Lagen auf und läßt nun die Winterkälte darauf einwirken. Durch das Gefrieren werden die einzelnen Theilchen gelockert, so daß man nach dem Anrühren mit Wasser eine sehr bildsame Masse erhält. Aehnliches wird durch das „Aussommern" erreicht; der Thon trocknet vollständig oder doch nahezu vollständig aus und saugt dann sehr begierig und gleichmäßig Wasser auf, so daß er sich sehr schnell in eine bildsame Masse verwandelt.

Um den Thon nun auch von den ihm beigemengten gröberen Verunreinigungen, wie Steinen u. s. w., zu befreien, wird er einem Schlämmprocesse unterworfen. Dadurch werden allerdings die Aufbereitungskosten erhöht, doch bringt das Schlämmen so viele Vortheile mit sich, daß man in neuerer Zeit auch in allen größeren und gut geleiteten Ziegeleien den Thon dieser Bearbeitung unter-

Digitized by Google



Ziegelfabrik am Wienerberg

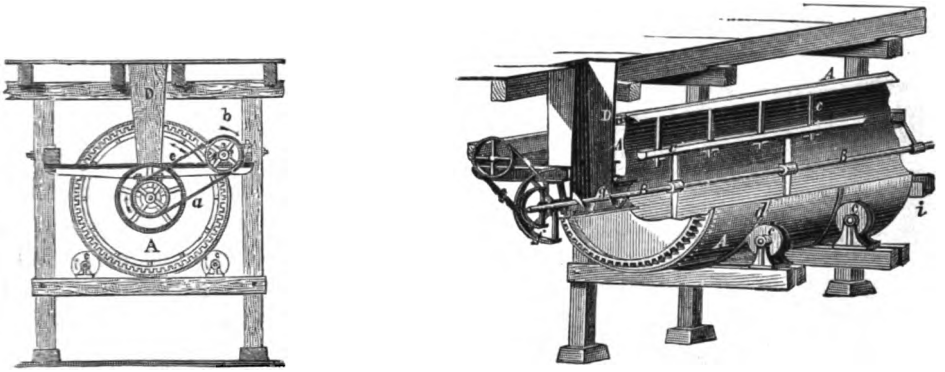
der Wienerberger Ziegelfabriks- und Bau-Gesellschaft.

Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

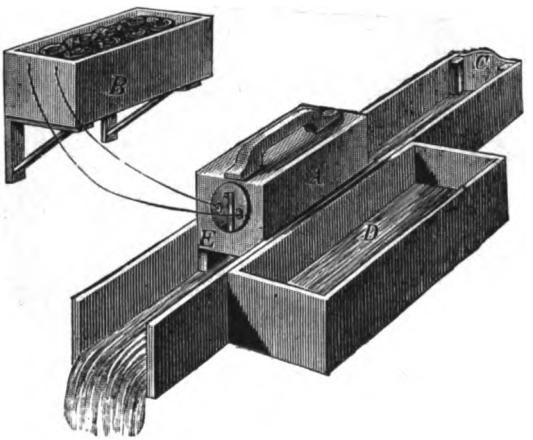
Digitized by Google

zieht, da man die Erfahrung gemacht hat, daß die Mehrkosten reichlich durch die leichtere Verarbeitung des Materiales und durch den besseren und gleichmäßigeren Ausfall der Ziegel hereingebracht werden.



Liegende Schlämmmaschine. (Trommelmaschine.)
Querschnitt. Längsschnitt.

Die Schlämmvorrichtungen sind cylindrische Behälter aus Holz, Mauerwerk oder Eisen, in welchen an einer verticalen Welle befestigte horizontale Arme durch Göpel- oder Dampfkraft herumbewegt werden. Die Thonstücke reiben sich bei der Umdrehung der Achse aneinander und an den Armen des Rührwerkes, größere Steine sinken bei der geringen Geschwindigkeit, mit welcher sich die Rührvorrichtung bewegt, rasch zu Boden, und werden von Zeit zu Zeit beseitigt, und der Thon vermengt sich innig mit dem Wasser. Sobald aller Thon aufgeschlämmt ist, stellt man das Rührwerk ab und läßt durch Oeffnen eines im unteren Drittel des Gefäßes angebrachten Zapfloches den rahmartigen Inhalt des Schlämmapparates in einen nebenstehenden Behälter abfließen, in welchem man ihn eine Zeit lang stehen läßt, um das Absetzen der gröberen Theile zu bewirken. Von hier, mitunter auch sofort, gelangt die Masse nach den Schlammgruben, in welchen sich der Thon zu Boden setzt, und das Wasser theils versickert, theils verdampft. Es hinterbleibt dann der gereinigte Thon als plastische, direct verarbeitbare Masse. In unserer Abbildung wird von dem Vorgelege V

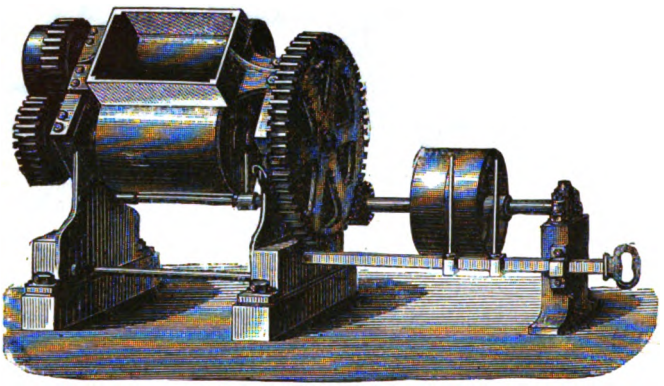


Magnetvorrichtung.



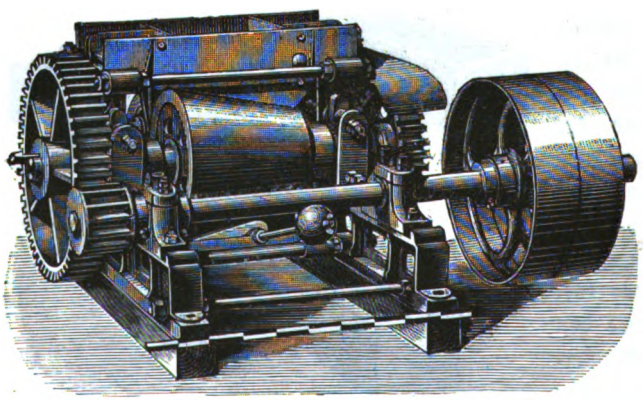
Digitized by Google

mit Hilfe der Kegelradübersetzung G die verticale Achse S, und von dieser aus die beiden Quirler BB, AA in Umdrehung versetzt. Während des Ganges der Maschine wird der Thon eingeworfen; durch D fließt beständig Wasser zu, während der Thonschlamm durch H nach den Absitzgefäßen gelangt. Bei vollständiger Einstellung der Arbeit wird der Schlämmbottich durch Fa entleert.



Walzmaschine mit cylindrischer Walze.

An Stelle der stehenden Schlämmmaschinen werden auch solche mit liegendem Körper, die sogenannten Trommelmaschinen angewendet. Diese bestehen aus einem Cylinder A, der Trommel, welche mittelst des gezahnten Kranzes a und des Getriebes b auf vier Rollen c umgedreht wird, wobei die kreisförmigen Schienen d die Führung der Trommel bewirken. Die sich frei bewegende Welle B dreht sich in einer Richtung, welche jener des Cylinders A entgegengesetzt ist; ihre Bewegung wird durch die Riemenscheibe e vermittelt. Der zu schlämmende Thon wird durch den Trichter D eingetragen, das Rührwerk C schlämmt den Thon im Wasser auf, und der Schlamm fließt durch die Oeffnung i ab; durch ein Drahtsieb werden Thonklumpen und Steine zurückgehalten.



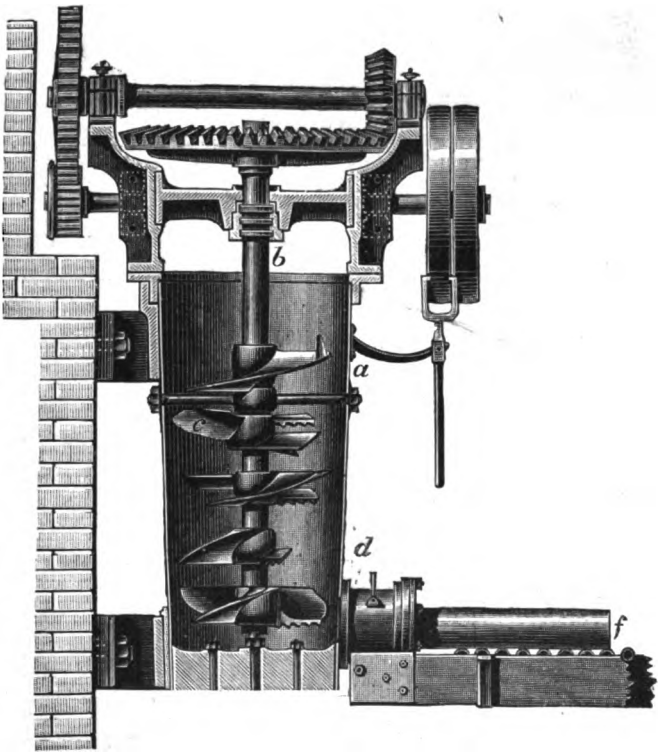
Walzmaschine mit kegelförmiger Walze.

Wir wollen an dieser Stelle noch eine weitere Vorrichtung besprechen, deren Aufgabe es ist, Eisen und Eisenverbindungen, welche in dem Thonschlamme enthalten sein können, daraus zu entfernen. Diese würden nämlich zur Entstehung von Rostflecken in den Geschirren beim Brennen derselben Veranlassung geben. Man beseitigt das Eisen, indem man den Thonschlamm durch eine Rinne fließen läßt, über welcher sich in dem Gehäuse A ein durch die Batterie B angeregter kräftiger Elektromagnet befindet, welcher das

Digitized by Google

Eisen aus dem in der Rinne fließenden Schlamme anzieht und festhält. Wenn der Magnet mit Eisentheilchen besetzt ist, hebt man ihn aus A, unterbricht den elektrischen Strom und spült die Eisentheile von dem Magnet in dem Gefäße D ab.

Zur Homogenisirung des Thones werden auch häufig Mühlen verwendet, welche kleine Steine und Mergelknollen zerdrücken und dadurch der Masse eine gleichartige Beschaffenheit ertheilen. Man verwendet Walzmaschinen mit cylindrischen oder kegelförmigen Walzen, welche die ihnen zugeführte Thonmasse in Stücke zerbrechen, deren Größe von der Entfernung der Walzen, die gegeneinander verstellt werden können, abhängt.




Stehender Thonschneider.

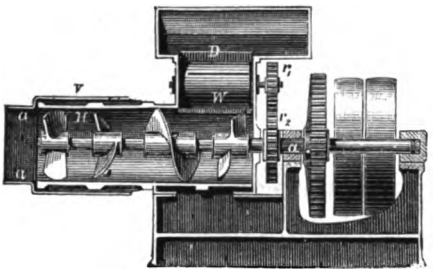
Um endlich die Ziegelerde vollständig zu homogenisiren und sie erforderlichen Falles mit Zusätzen von Sand u. s. w. auf das innigste zu vermischen, werden die sogenannten Thonschneider angewendet. Es sind dies Knetmaschinen, welche den Thon sehr rasch durcharbeiten, indem er in einem schwach conischen, kegelförmigen Behälter a von den schraubenförmig angeordneten Messern c zertheilt und nach abwärts gepreßt wird. Diese Messer sitzen an der verticalen Welle b, der zerschnittene Thon wird durch das Rohr d f abgeführt. Außer diesen stehenden Thonschneidern werden auch liegende, sonst aber der beschriebenen ganz ähnliche Vorrichtungen angewendet; sie besitzen den Vortheil, daß die Masse nicht gehoben zu werden braucht.

Endlich sei an dieser Stelle noch einer Vorrichtung gedacht, die zur Fabrikation der Ziegel zwar nicht verwendet wird, jedoch dann eine wichtige Rolle spielt, wenn es sich um die Herstellung besserer Thongegenstände handelt. Es sind dies die Massenschläger, welche den Zweck haben, die in dem Thone durch die mechanische Bearbeitung eingeschlossenen Luftbläschen zu entfernen. Diese würden nämlich



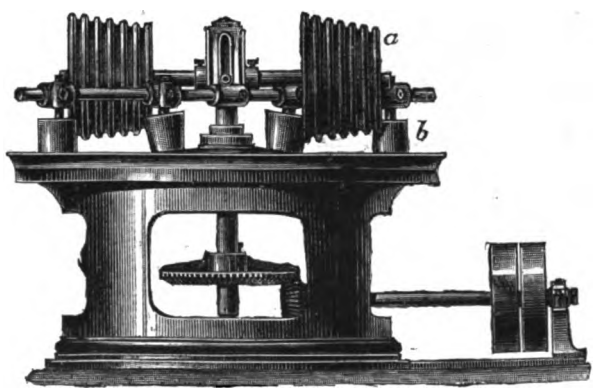
Digitized by Google

sowohl beim Trocknen, als auch später beim Brennen sich ausdehnen und die Entstehung von Rissen und Sprüngen verursachen; sie müssen daher entfernt werden. Dies wird durch Bearbeitung des Thones in den „Masseschlägern" erreicht, hier wird die auf einer eisernen Tischplatte ausgebreitete Thonmasse durch die „Roller" a und „Klopfer" b von den eingeschlossenen Luftblasen befreit.



Liegender Thonschneider.

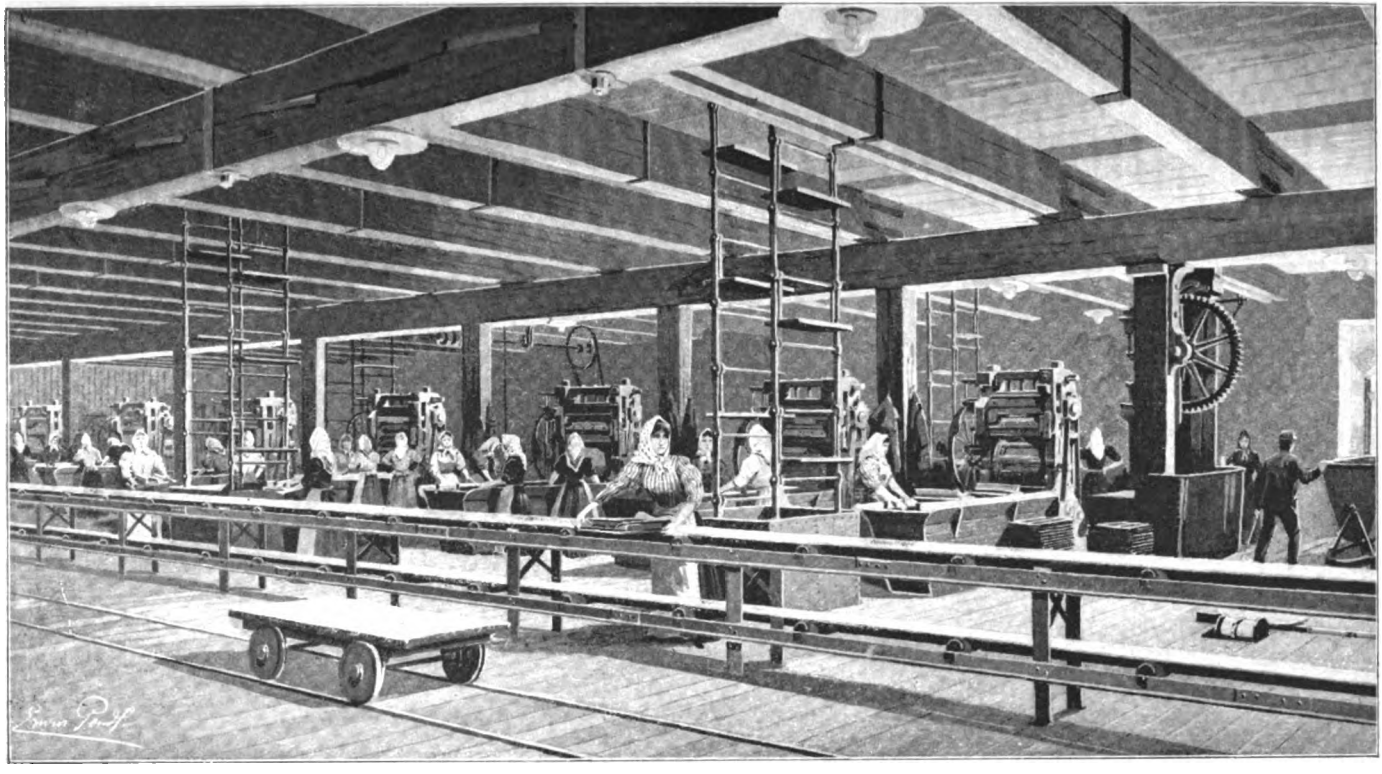
Nach dem Passiren des Thonschneiders wird an das Formen der Ziegel geschritten, das theils durch Handarbeit, theils mit Hilfe von Maschinen vorgenommen wird. Das Formen oder „Schlagen" der Ziegel mit der Hand erfordert ebenso große Kraft als Geschicklichkeit. Dabei wird die plastische Lehmmasse in hölzerne oder aus Flacheisen verfertigte, oben und unten offene Formen geschlagen, und dann mit Hilfe eines Streichbrettes geebnet; die gewöhnlich zur Verwendung kommenden Ziegel (Normalformat) sind 25 cm lang, 12 cm breit und 6·5 cm hoch. Ein geschickter Ziegelschläger vermag in zehn Arbeitsstunden etwa 3000 Ziegel in der angegebenen Größe anzufertigen, während die Maschinen, die wir gleich besprechen werden, je nach ihrer Größe 1000 bis 4000 Ziegel in der Stunde erzeugen. Angesichts dieses Mißverhältnisses in der Leistung darf es uns wohl nicht in Erstaunen setzen, daß man einerseits immer mehr zum Maschinenbetriebe übergeht, und daß andererseits dort, wo noch Ziegel mit der Hand geformt werden, diese Arbeit in recht kläglicher Weise bezahlt wird.




Masseschläger.

Die Ziegelpressen sind nichts anderes als stehende oder liegende Thonschneider, aus deren Mundstück ein fortlaufender Lehmstrang vom Querschnitte des Längsdurchschnittes eines Ziegels austritt, der dann in der erforderlichen Länge abgetheilt wird. Durch Aenderung in der Form des Mundstückes hat man es in der Hand, den Ziegeln eine beliebige Form oder Oberfläche zu ertheilen. Auch die Hohlziegel, deren Körper von mehreren, meist vier oder sechs quadratischen Oeffnungen durchbrochen ist, werden mittelst der Maschine erzeugt, und zwar dadurch, daß in das Mundstück in entsprechenden Abständen Leeren für die herzustellenden Oeffnungen eingesetzt werden.

Digitized by Google



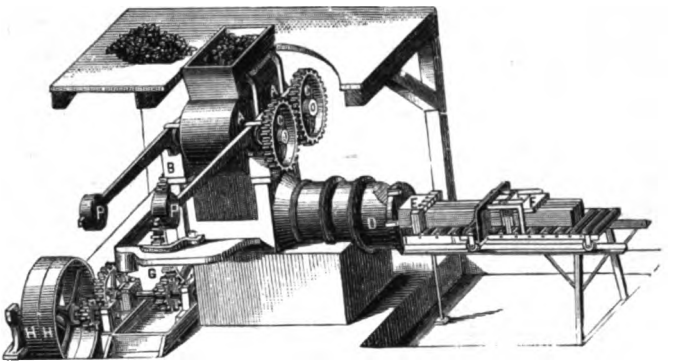
Arbeitsraum in der Dachfalzziegel-Fabrik am Wienerberg der Wienerberger Ziegelfabriks- und Baugesellschaft.

Digitized by Google

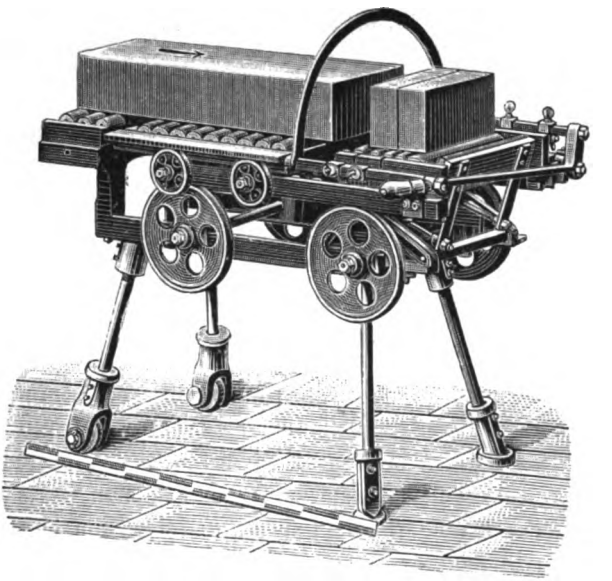
REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

Digitized by Google

Bevor die geformten Ziegel gebrannt werden, müssen sie zunächst trocknen. Man setzt sie zu diesem Zwecke in geräumigen Schuppen dem Winde aus; dabei müssen die Ziegel in solcher Weise geschichtet werden, daß der vorherrschende Wind ungehindert jeden einzelnen Stein umstreichen kann. Das Trocknen darf jedoch nicht zu rasch, sondern muß langsam geschehen, da sonst die Ziegel sehr leicht rissig werden. Da nun das Trocknen der Ziegel an der Luft immer eine sehr mißliche Sache ist — man ist von der herrschenden Witterung abhängig, kann nur in der schönen Jahreszeit arbeiten, und benöthigt endlich eine sehr große Fläche und kostspielige Baracken — hat man einerseits, und zwar mit Erfolg versucht, die überschüssige Wärme der Brennöfen zur Trocknung der Ziegel zu verwenden, andererseits hat man aber auch Ziegelpressen, die sogenannten Trockenpressen, construirt, welche jede Trocknung überflüssig machen und Rohziegel von solcher Beschaffenheit liefern, daß sie unmittelbar in den Ofen gebracht werden können.



Ziegelpresse.

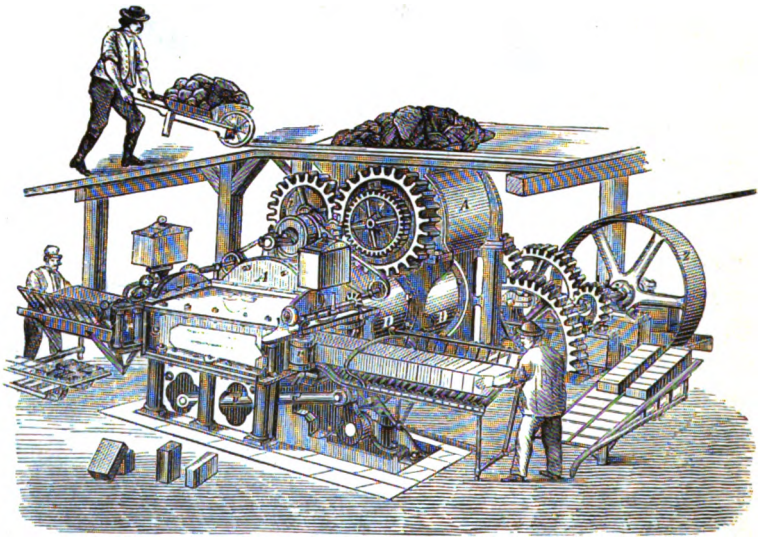


Abschneidetisch zum Zuschneiden des Thonstranges.

Eine solche Trockenpresse, construirt von Clayton, veranschaulichen die Abbildungen auf Seite 358 und 359. A ist ein Kollergang, in welchem der trockene Ziegelthon zerkleinert wird, B ist der Elevator, welcher das Thonpulver der Ziegelpresse C zuführt. Die Elevatoren bestehen aus Paternosterwerken, es sind dies endlose, mit Kästchen versehene Riemen, welche den gepulverten Thon aufnehmen und in die Presse schnellen.

Digitized by Google

Das Gestell der Ziegelpresse besteht aus zwei gußeisernen Ständern, welche unten durch eine Grundplatte, oben durch einen Querbalken verbunden sind. Zwischen diesen Ständern ist ein Kasten mit losen Formen angebracht. Die unteren Preßkolben sind auf Querträgern befestigt, die vertical zwischen den Hauptständern beweglich sind, und unten Frictionsrollen tragen. Die Hauptwelle erhält ihren Antrieb mittelst einer Riemenscheibe und eines Vorgeleges, und ist im Hauptgestelle gelagert. Auf ihr sitzen zwei excentrische Scheiben, welche die Frictionsrollen der unteren Preßkolben berühren. Die Hauptwelle trägt an beiden Enden Kurbeln, die durch Pleuelstangen mit dem Preßkopfe verbunden sind, in welchem sich die oberen Preßkolben befinden. Diese sind hohl und können durch Dampf erwärmt werden, um das Festkleben des gepreßten Materiales zu verhindern.



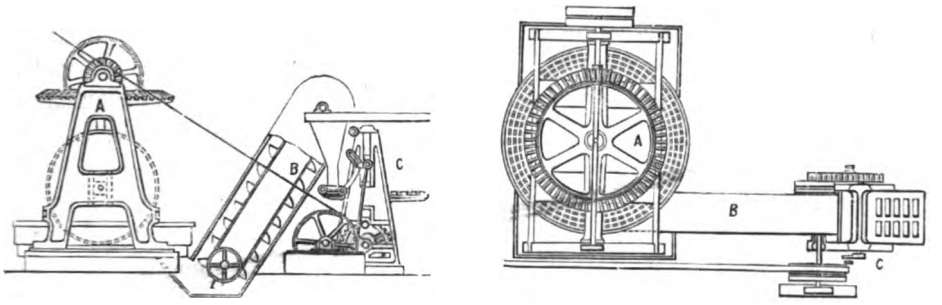
Neue Ziegelpresse von Clayton.

Die Beschickung der Formen besorgt die Maschine selbst. Zu diesem Zwecke gleitet ein Meß- oder Speisekasten über den Formen hin und her, der beständig so viel Material enthält, um die Formen zu füllen. Die Bewegung wird durch Frictionswellen, die am Preßkopfe sitzen, hervorgebracht. Die Formen selbst sitzen in einem hohlen Formgehäuse, so daß man sie leicht und bequem, wie auch die Kolben, herausnehmen und durch solche von anderer Gestalt ersetzen kann. Dadurch ist man im Stande, mit derselben Maschine verschiedene Arten von Ziegeln herzustellen.

Nach der Pressung werden die Ziegel von dem unteren Kolben aus der Form gehoben und von dem sich sofort nähernden Speisekasten vorwärts geschoben, um dann entweder durch ein endloses Band oder durch Handarbeit weiter befördert zu werden. Die mittelst dieser Maschine hergestellten Ziegel sind frei von Rissen

Digitized by Google

und so hart und trocken, daß sie mit Umgehung des sonst nöthigen langwierigen Trockenprocesses direct von der Presse in den Ofen gebracht werden können.

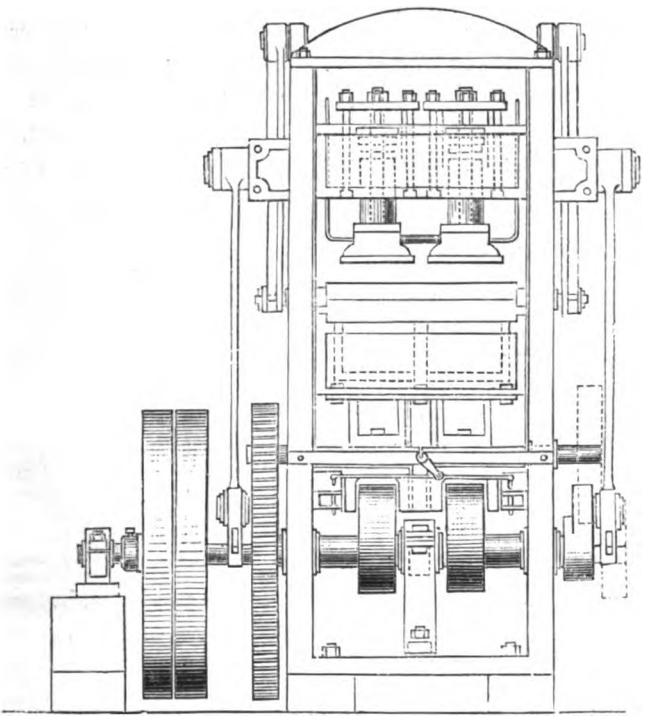



Trockenpresse von Clayton.

Längsschnitt. Grundriß.

Sobald die Ziegel genügend getrocknet sind, können sie gebrannt werden. Die Veränderungen, welche das Brennen bedingt, haben wir schon kennen gelernt, es erübrigt daher nur noch, uns mit der Construction der Ziegelöfen vertraut zu machen.

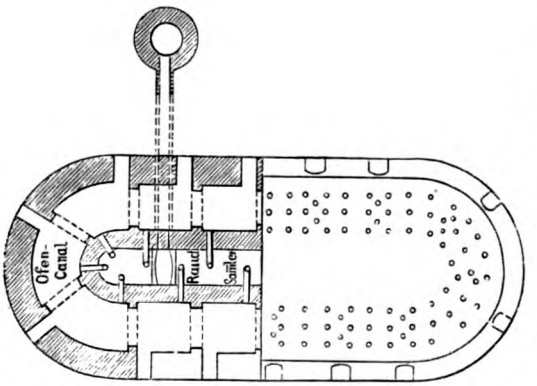
Wir übergehen die Einrichtung der alten und älteren Ziegelöfen, die neben manchem Vortheil den großen Nachtheil besaßen, daß der Verbrauch an Brennmaterial ein sehr hoher war, und daß das Product oft eine ungleichmäßige und unschöne Beschaffenheit erhielt. Alle diese Uebelstände werden durch die Ringöfen — deren Erfinder Friedrich Hoffmann ist — in ebenso gründlicher wie genialer Weise beseitigt, und gleichzeitig wurde durch diese Oefen auch die Frage gelöst, das Ziegelbrennen in einen ununterbrochenen Betrieb umzuwandeln.



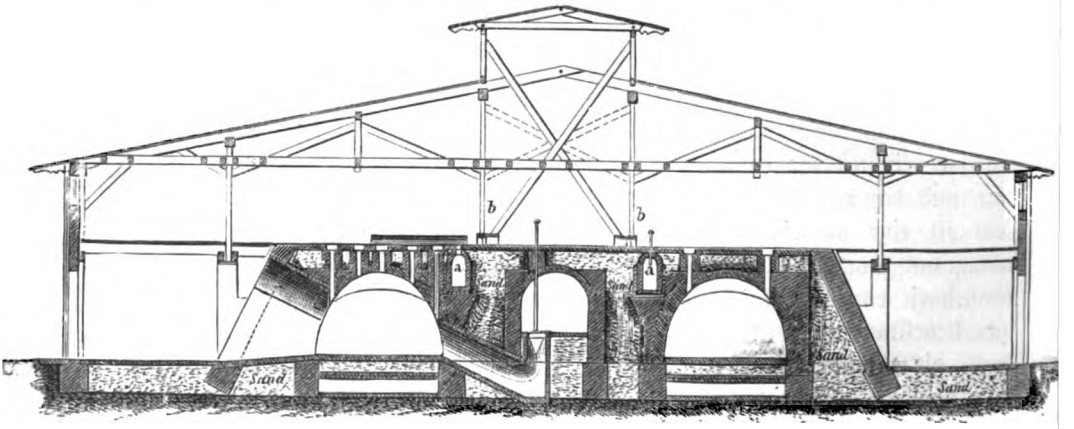
Trockenpresse von Clayton. (Ansicht.)

Digitized by Google

Die Ringöfen bestehen aus einem Canale ohne Ende, der durch zahlreiche Heizthüren zugänglich ist, und von welchem in Zwischenräumen Canäle für die abziehenden Feuergase nach dem Schlote führen. Die gewölbte Decke dieses Canales, welcher einen kreisförmigen oder elliptischen Horizontalschnitt besitzt, ist an vielen Stellen durchlöchert, diese Oeffnungen werden gewöhnlich mit eisernen Glocken bedeckt. Man schichtet nun die zu brennenden Rohziegel in einem Theile des Ofens auf, wirft durch die erwähnten Oeffnungen in der Decke Brennmaterial ein, und bringt dieses zur Entzündung. Durch die Hitze werden die Ziegel gebrannt, gleichzeitig führt man aber die abziehenden heißen Feuergase durch den folgenden Theil des Ofens, welcher ebenfalls schon mit ungebrannten Ziegeln gefüllt ist. Diese werden dadurch vollständig trocken und langsam vorgewärmt. Sind endlich die Ziegel in der ersten Abtheilung gargebrannt, so füllt man Brennmaterial in die nächste Abtheilung, leitet das Feuer — was durch leicht verschiebbare Zwischenwände möglich ist — zu diesem u. s. w. Es



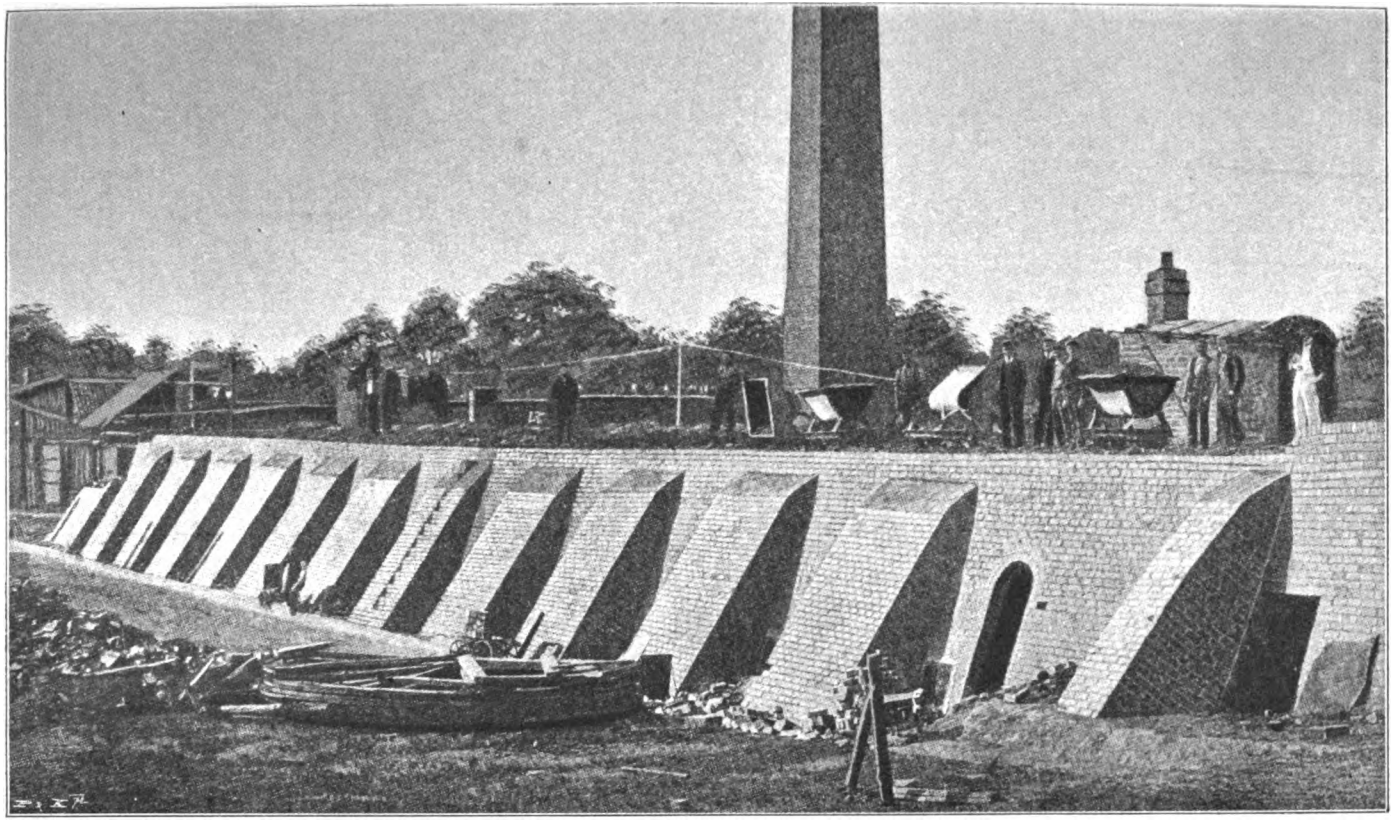
Ringofen im Grundriß.



Ringofen. (Querschnitt.)

wird also immer eine Partie Ziegel gebrannt und eine andere vorgewärmt, so daß das Feuer im Ofen weiterrückt, und nach einer gewissen Zeit wieder an dieselbe Stelle zurückkehrt. Ist die mit den gargebrannten Ziegeln gefüllte erste Abtheilung erkaltet, so wird sie geöffnet und ausgeräumt, um, sobald die Reihe wieder an sie kommt, neuerdings gefüllt zu werden.

Digitized by Google



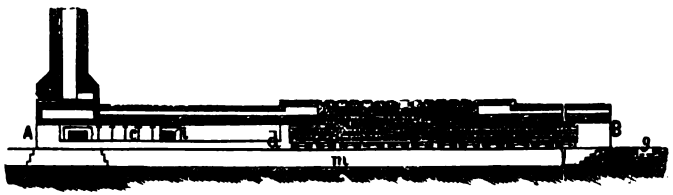
Ringofen zur Ziegelfabrikation.

Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

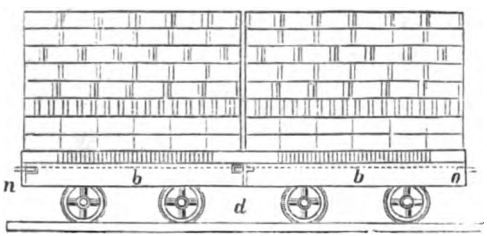
Digitized by Google

Eine andere, ebenfalls höchst geniale Ofenconstruction rührt von O. Bock her. Während nämlich bei dem Hoffmann'schen Ofen das Brenngut festliegt und das Feuer wandert, hat Bock in seinem Canalofen das Entgegengesetzte ausgeführt: das Brenngut ist beweglich, das Feuer fest. Ein solcher Ofen besteht aus einem geradlinigen Canal von circa 40 m Länge AB, der an einer bestimmten, nahe der Mitte seiner Länge befindlichen Stelle einen feststehenden Feuerherd hat und durch diesen erhitzt wird. Der zu brennende „Einsatz" — die Rohziegel — gelangt auf eisernen Wagen d in den Canal, wird auf dem Wege zur Feuerstelle allmählich „abgeschmaucht" und vorgewärmt, dann an der Feuerstelle gargebrannt, durchläuft nun, sich abkühlend, den restlichen Theil des Canales, wobei die zur Feuerstelle ziehende Luft sich an den heißen Ziegeln vorwärmt, und wird, am Ende angekommen, verladen. Mit einem solchen Ofen können täglich 7000 bis 12.000 Ziegel gebrannt werden. Es ist dies eine ganz gewaltige Menge, wenn wir uns vergegenwärtigen, daß dies im Laufe eines Monates schon der stattlichen Anzahl von rund 300.000 Ziegeln entspricht.



Bock'scher Canalofen. (Längsschnitt.)

Die Temperatur, welcher die Ziegel im Ofen ausgesetzt werden, ist nicht so hoch, wie man etwa glauben würde, sie bewegt sich je nach der Beschaffenheit des Rohmateriales, je nachdem dieses mehr oder minder schmelzbar ist, zwischen 900 und 1300°. Die Hitze darf niemals so hoch steigen, daß die Ziegel an der Oberfläche zu schmelzen beginnen. Zur Verschönerung der Façaden werden auch häufig Ziegel angewendet, welche an der aus der Mauer herausragenden Seite mit einer farbigen Glasur überzogen sind. Gewöhnlich wird der Billigkeit wegen die Glasur schon vor dem Brennen aufgetragen, und gleichzeitig mit dem Brennen in einer Operation aufgebrannt. Da die Natur der gewöhnlichen Ziegelthone es häufig nicht gestattet, schöne Farben solcher Glasuren zu erzielen, so wird sehr oft vorher das sogenannte „Engobiren" vorgenommen. Es besteht darin, daß man die zu glasirende Seite des rohen, ungebrannten Ziegels in eine rahmartige, aus besserem Thon hergestellte Masse, die „Engobe", taucht, und dann erst die Glasur aufträgt. Natürlich kann man auf diese Weise nur dann ein haltbares Product herstellen, wenn sowohl die Engobe, als auch der darunter liegende Thon gleichmäßig schwinden. — — —

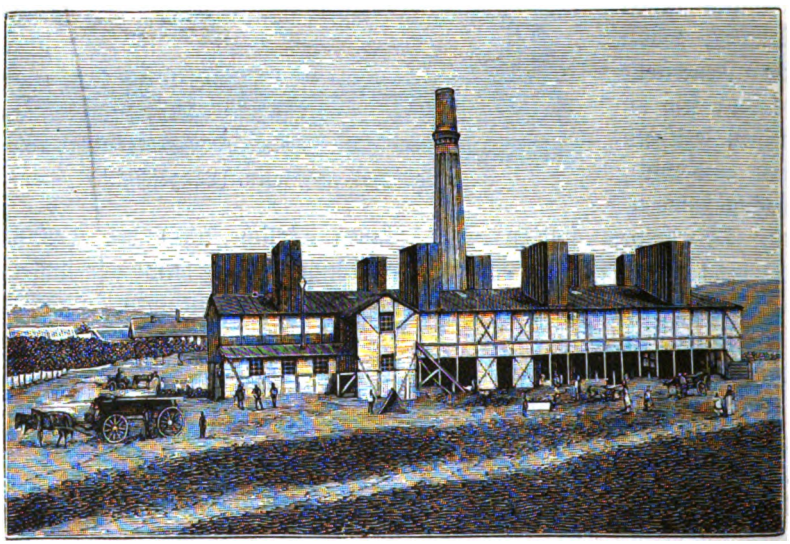


Wagen zum Bock'schen Canalofen.

Digitized by Google

Die zweite Abtheilung der porösen Thonwaaren mit wenig klingendem Scherben bilden die feuerfesten Fabrikate, welche neben der Widerstandsfähigkeit gegen hohe Temperaturen auch gegen chemische Angriffe bis zu einem gewissen Grade unempfindlich sein müssen. Man stellt sie aus Thon her, welchem man verschiedene Magerungsmittel, wie Chamotte, Quarzsand ꝛc. zusetzt; nach dem innigen Mischen mit Hilfe des Thonschneiders werden dann die geformten Stücke bei sehr hohen Temperaturen gebrannt.

Zu dieser Gruppe der keramischen Producte gehören auch die sehr häufig als Schmelztiegel angewendeten Graphittiegel, welche aus einer Masse geformt werden, die aus einem sehr dicht brennenden Thon und geschlämmtem Graphit



Ziegelei.

besteht. Diese Tiegel zeichnen sich durch große Feuerbeständigkeit und ferner auch dadurch aus, daß sie selbst bedeutende Temperaturschwankungen ertragen, ohne zu zerspringen.

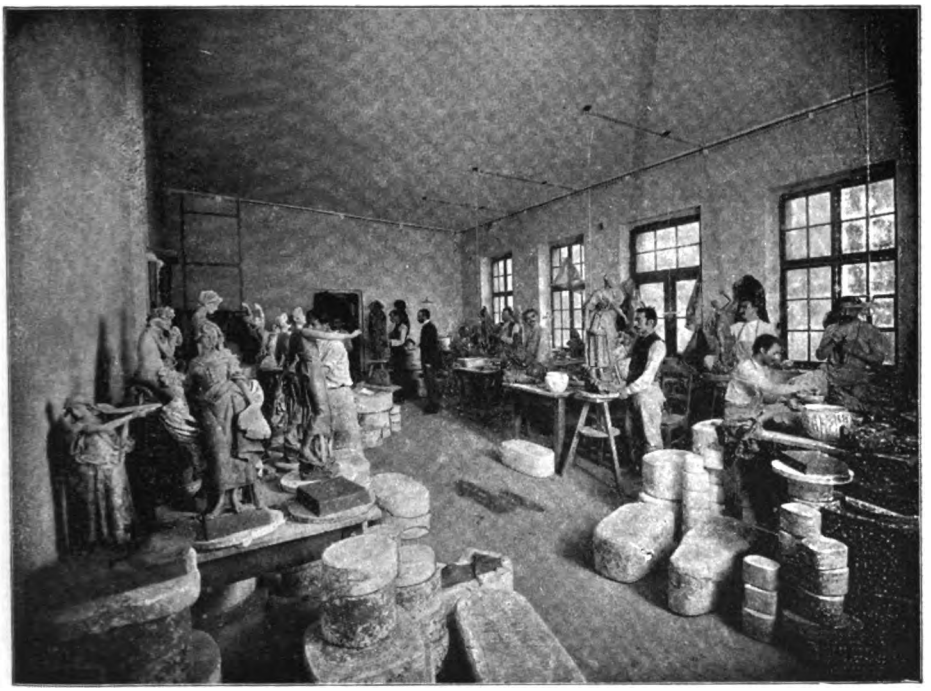
Die nächsten Gruppen der keramischen Erzeugnisse bilden die gewöhnliche Töpferwaare und die ordinäre Fayence. Der Unterschied derselben von dem Steingut, der feinen Fayence, besteht heute eigentlich nur mehr darin, wie schon aus der Uebersicht über die keramischen Erzeugnisse hervorgeht, daß die feine Fayence aus einem sich weißbrennenden Thon hergestellt wird, während ordinäre Fayence und gewöhnliche Töpferwaare aus einem Thon erzeugt werden, welcher auch nach dem Brennen eine gelbliche bis röthliche Farbe behält. Die Beschaffenheit der Glasuren bildet heute kein Unterscheidungsmerkmal mehr, da ja begreiflicherweise jede Glasur sowohl zu der einen, wie auch zu der anderen Sorte von Töpferwaaren angewendet werden kann.

Digitized by Google

Die Gegenstände, die man aus der plastischen Thonmasse darstellt, erhalten ihre Gestalt durch eine Reihe von Operationen, welche man unter dem Gesammtnamen des „Formens“ versteht.

Das Formen wird in verschiedener Weise ausgeführt, theils durch Drehen auf der Töpferscheibe, theils durch Formen aus freier Hand. Viele und gerade die complicirteren Töpferwaaren werden jedoch in Formen gepreßt oder gegossen.

Das Rohmaterial, welches zur Herstellung dieser Erzeugnisse dient, ist ein kalkhaltiger Thon, der, wenn erforderlich, noch Sand oder Kreide als Magerungs-



Terracottaformerei.
Aus den keramischen Werken „Amphora“ bei Turn-Teplitz.

mittel beigemengt erhält. Auch hier muß der Verarbeitung eine Vorbereitung durch Schlämmen ꝛc. vorausgehen, ehe der Thon verwendbar ist.

Das Formen geschah und geschieht noch heute bei wilden oder halbwilden Volksstämmen in der Weise, daß sie aus dem Thon einen langen Strang bereiten und diesen spiralig aufeinanderlegen, so daß ein Gefäß entsteht. Die Wände desselben werden dann oberflächlich geglättet, und nachdem es in der Sonne getrocknet wurde, kann es gebrannt werden.

Das Geräth, dessen man sich jedoch heute noch allgemein zum Drehen der Thongegenstände bedient, die Töpferscheibe, ist ungemein einfach und wahrscheinlich

Digitized by Google

eine der ersten den Arbeitsmaschinen, welche der Mensch erfand. Schon den ältesten Völkern war dieses Geräth bekannt, und dies geht nicht nur aus bildlichen Darstellungen hervor, sondern auch aus dem Aussehen solcher Jahrtausende alter Gefäße, welches auf das deutlichste beweist, daß sie unter Anwendung der Töpferscheibe hergestellt wurden.

Die Töpferscheibe besteht aus einer vertical stehenden, leicht drehbaren Achse, auf welche eine horizontale Scheibe gesetzt ist. Am unteren Ende der Achse befindet

Kafferntöpferei.

sich eine größere Scheibe, auf welche die bewegende Kraft wirkt und welche in Folge ihres bedeutenden Gewichtes selbst als Schwungrad dient, indem sie, einmal in Umdrehung versetzt, durch längere Zeit umläuft, bevor sie eines neuen Kraftimpulses bedarf. Diese Fußscheibe dient aber auch bei den gewöhnlichen Töpferscheiben zum Antriebe selbst, indem sie durch Stoßen mit dem Fuße in Bewegung gesetzt wird.

Die Arbeit auf der Töpferscheibe, das Formen aus freier Hand, ist eine Sache, die wohl sehr leicht aussieht, die aber großer Uebung und Fertigkeit bedarf, um die Herstellung tadelloser Gegenstände innerhalb nicht zu langer Zeit zu ermöglichen.

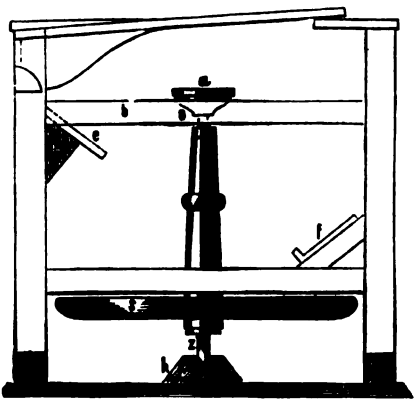
Der Arbeiter beginnt damit, daß er einen Thonklumpen ziemlich kräftig auf die Scheibe wirft und dadurch befestigt. Dann bereitet er durch Einsetzen des

Digitized by Google

Daumens oder Zeigefingers die Thonmasse zu einer Fläche aus, welche von einem erhöhten Rande umgeben ist; die Fläche bildet den Boden des künftigen Gefäßes, der Wulst wird zur Herstellung der Mantelfläche desselben benützt.

Indem der Arbeiter nun — während die Scheibe immer in Umdrehung begriffen ist — mit den Fingern der einen Hand von innen nach außen und mit den Fingern der anderen Hand von außen nach innen drückt, bewirkt er das Emporsteigen des Wulstes. Ist der Druck auf beiden Seiten gleich, so entsteht ein cylindrisches Gefäß; überwiegt der Druck von innen, so erhält man ein nach außen gewölbtes, bauchiges Gefäß, indes bei stärkerem Drucke von außen nach innen ein Gefäß von kegelförmiger Gestalt entsteht, so daß der Töpfer ohne Anwendung eines besonderen Werkzeuges Gefäße von ziemlich verschiedener Gestalt herzustellen vermag.

Kleinere Thongegenstände werden nach ihrer Vollendung mittelst eines dünnen Drahtes von der Scheibe losgeschnitten, vorsichtig abgehoben und sogleich an den Ort gestellt, an welchem sie bis zum vollständigen Austrocknen verbleiben sollen. Bei größeren Gegenständen dagegen, die im weichen Zustande sehr leicht brechen würden, schraubt man die Platte, auf der sie geformt wurden, ab, und läßt sie auf dieser trocken werden.



Töpferscheibe.
s Fußscheibe, a Arbeitsbrett, c z Lager, c Sitz, f Fußrast.

Zur Herstellung feinerer Thonwaaren auf der Töpferscheibe wendet man sehr häufig Schablonen an. Es sind dies Brettchen oder Bleche, welche die an dem herzustellenden Gegenstande anzubringenden Vertiefungen als Hervorragungen, die vorspringenden Theile aber ausgeschnitten tragen, und welche, gewöhnlich mit Hilfe einer Führung, an den roh ausgearbeiteten Gegenstand, während er rasch auf der Scheibe rotirt, angelegt werden.

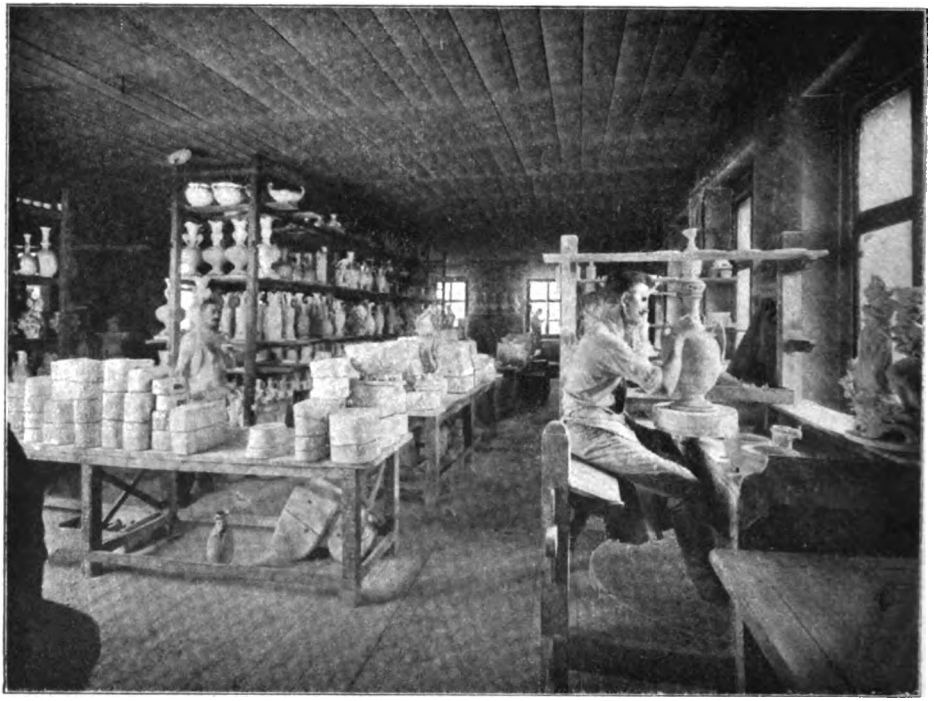
Auch bedient man sich eigener, gewöhnlich aus Gips verfertigter Formen, über welche der Thon gelegt und dann angedrückt wird. Dies ist z. B. bei der Herstellung der Teller und Schüsseln gebräuchlich. Die nach einem genauen Holzmodelle gegossene Gipsform, welche der inneren Fläche des Tellers entspricht, wird auf die Drehscheibe gelegt und centrirt, dann wird eine dünne, gleichmäßig ausgewalzte Thonplatte aufgelegt und festgedrückt, worauf man mittelst der Schablone die Unterseite herstellt.

Complicirtere Gegenstände werden ausnahmslos in Formen gearbeitet. Handelt es sich beispielsweise um die Herstellung eines ovalen, schüsselförmigen Gefäßes mit Fuß und Henkel, so wird zunächst über den Gipskern, welcher in seiner Gestalt

Digitized by Google

dem Inneren des schüsselförmigen Gefäßes entspricht, eine durch Walzen hergestellte Thonplatte gelegt und gleichmäßig angedrückt, so daß keine Falten entstehen; wenn es die Gestalt des zu formenden Gegenstandes erfordert, so werden auch Zwickel aus der Thonmasse geschnitten oder in diese eingesetzt.

Auf den Kern wird dann die trockene Außenform gedrückt, sie kann nach kurzer Zeit wieder abgehoben werden, da Gips das Wasser sehr rasch einsaugt, und sich dann sehr leicht von der oberflächlich trockenen Thonmasse ablösen läßt. Der



Die Arbeit an der Töpferscheibe.
Aus den keramischen Werken „Amphora" bei Turn-Teplitz.

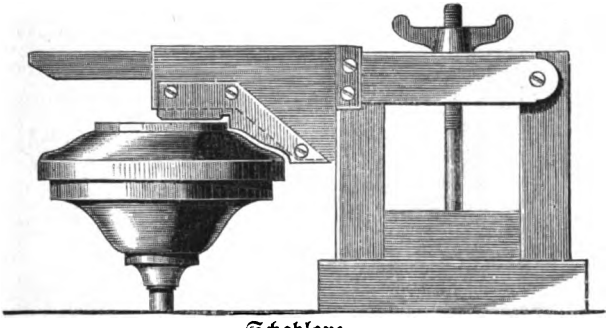
nun fertige Hauptkörper des Gefäßes, in seiner Form einem halben Ei vergleichbar, bleibt auf dem Kerne liegen, und nun wird der Fuß, welchen man aus einem Thonballen geformt hat, mittelst flüssiger Thonmasse befestigt, auch die Henkel werden in der gleichen Weise festgemacht. Ist das Gefäß endlich bis zu einem gewissen Grade ausgetrocknet, so wird es von dem Kerne abgehoben, auf den Fuß gestellt und nun vollständig ausgetrocknet.

Sind die in der beschriebenen Weise hergestellten Gefäße getrocknet, was, um ein gleichmäßiges Schwinden zu erzielen, sehr langsam geschehen muß, so werden sie eventuell mit der Glasurmasse bestrichen, und sind nun, nachdem sie abermals

Digitized by Google

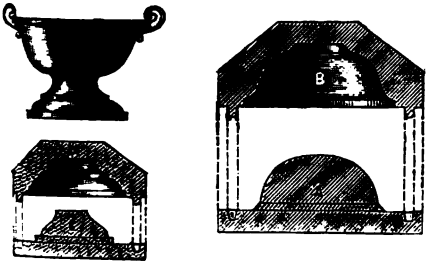
trocken geworden sind, zum Brennen bereit. Gewöhnliche und minder werthvolle Thonwaaren werden in einem Brande fertig. Feinere Waare wird dagegen zweimal gebrannt, und zwar das erstemal vor dem Glasiren; dieser „Verglühbrand“ hat den Zweck, die Gefäße fester und zur Aufnahme der Glasur geeigneter zu machen, während durch den zweiten, den „Glattbrand“, die Glasur aufgeschmolzen wird.

Das Brennen der genügend getrockneten Thonwaaren wird in sogenannten liegenden Oefen ausgeführt, am häufigsten wird der Cassseler Ofen verwendet. Der Brennraum dieses Ofens B ist viereckig, wird gegen den Schornstein hin schmäler und ist durch eine durchbrochene Wand von dem Feuerraume F getrennt. Dieser ist mit einem schiefliegenden Roste versehen; die zu brennenden Gegenstände werden durch eine seitliche Oeffnung in den Ofen gebracht.

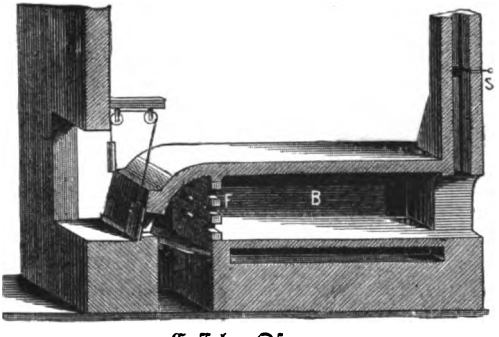


Schablone.

Man beginnt das Brennen damit, daß man im Feuerraume ein ganz gelindes Feuer anzündet, welches man als Vorfeuer, Lavirfeuer oder halbes Feuer bezeichnet. Je nach der Größe des Ofens wird dieses Feuer in gleicher Stärke




Formen eines Gefäßes.
A B Form des oberen, C D Form des unteren Theiles.




Cassseler Ofen.

durch kürzere oder längere Zeit unterhalten; es hat den Zweck, zunächst die Gegenstände langsam, aber vollständig zu trocknen. Erst bis dies der Fall, läßt man das Lavirfeuer in das Vollfeuer übergehen. Um während des Brandes Kenntnis über das Verhalten der Geschirre in dem Brennraume zu erlangen, sind an den Oefen verschließbare Oeffnungen — Schaulöcher — angebracht, gegenüber welchen besondere Probestücke aufgestellt werden. So lange die Glasur nicht geschmolzen ist, erscheinen die Gegenstände in dem Brennraume matt und glanzlos, im Augen-

Digitized by Google

blicke jedoch, in welchem die Glasur zu schmelzen beginnt, fängt sie auch an zu spiegeln und die Gegenstände gleichen dann starkglühendem Glase.

Ist endlich die Glasur geschmolzen und der Brand beendet, so läßt man den Ofen langsam erkalten; erst bis er kalt geworden, kann er geöffnet und entleert werden.

Das Steingut unterscheidet sich durch mehrere wesentliche Merkmale von der gemeinen Töpferwaare. Während diese aus ziemlich ordinärem Thon dargestellt

Terracotten.
Aus den keramischen Werken „Amphora“ von Rießner, Stellmacher & Kessel in Turn-Teplitz.

wird, der nach dem Brennen bei geringer Festigkeit eine bedeutende Porosität besitzt, ferner in den meisten Fällen nur einmal gebrannt und dabei eventuell gleich glasirt wird, verwendet man auf das Steingut sowohl mit Bezug auf die Materialien, als auch auf die Glasurmasse viel mehr Sorgfalt und erzielt dadurch eine Waare, welche an innerer Qualität und Schönheit des Aussehens die gemeinen Thongeschirre weit übertrifft.

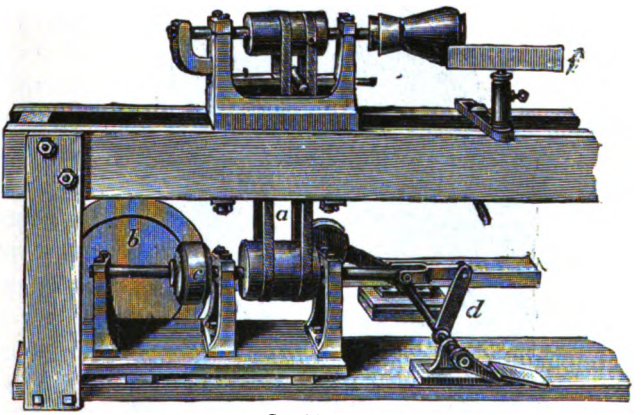
Die Massen, welche zur Anfertigung des Steingutes dienen, werden aus gut geschlämmtem Thon und Kalk nebst Quarzsand hergestellt. Der bedeutende

Digitized by Google

Kalkgehalt — gewöhnlich 10 bis 20% — macht die Masse leicht schmelzbar, das Mischen der einzelnen Bestandtheile geschieht meist in der Weise, daß man Thone verschiedener Beschaffenheit miteinander schlämmt.

Die Bearbeitung der zur Fabrikation von Steingut bestimmten Thonmassen erfolgt ganz in derselben Weise wie jene des Thones für andere keramische Waaren, auch findet die Formgebung genau in der gleichen Weise statt, wie wir sie bei der Bearbeitung der Töpfermassen kennen gelernt haben. Feinere und complicirtere Stücke formt man jedoch fast ausschließlich in Gipsformen und vollendet die aus der Form gehobenen Stücke durch Abnehmen der Formnähte und Abdrehen auf der Drehbank.

Wenn stark gefärbte Thone zu verarbeiten sind, so würde man, um ihre Farbe vollständig zu verdecken, große Mengen Glasurmasse verbrauchen. Man wendet dann ein Verfahren an, welches wir schon bei der Herstellung glasirter Ziegel erwähnt haben, nämlich das Ueberziehen mit einer dünnen Schicht eines feineren, sich weißbrennenden Thones, das Engobiren.




Drehbank.
a, b, c, d Bewegungsmechanismus, f verstellbare Schablone.

Der Hauptunterschied zwischen der Fabrikation von Steingut und gewöhnlichem Töpfergeschirre liegt jedoch in der Ausführung des Brandes: das Steingut wird immer zweimal gebrannt, und zwar ist der erste Brand, der Verglüh- oder Schrühbrand dazu bestimmt, die eigentliche Geschirrmasse zu brennen, indes bei dem zweiten, dem Glattbrand, die Glasurmasse aufgeschmolzen wird.

Da zum Verglühen ein geringerer Hitzegrad nöthig ist als zur Ausführung des Glattbrandes, so werden die Oefen häufig in der Weise eingerichtet, daß sie zwei Geschoße besitzen. Das untere Geschoß, in welches die Feuerungen münden, dient zum Glattbrand, das obere Geschoß steht durch eine Anzahl Oeffnungen, welche in dem Gewölbe des unteren angebracht sind, mit diesem in Verbindung und wird mit den zu verglühenden Gegenständen in derselben Weise angefüllt wie ein gewöhnlicher Töpferofen.

Die aus dem unteren Raume aufsteigenden Feuergase sind heiß genug, um das Verglühen zu bewirken.

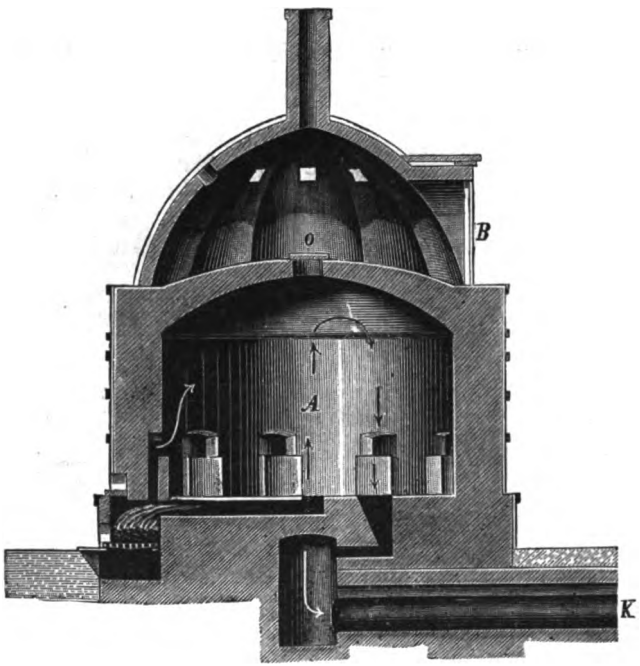
Die Abbildung auf Seite 370 zeigt die Einrichtung eines solchen Brennofens für Steingut. A ist der Brennraum, B der kuppelförmige Aufsatz, durch welchen



Digitized by Google

beim Abkühlen Luft zugeführt werden kann, K der Canal, durch welchen die Feuergase nach dem Schlote gelangen.

Handelt es sich darum, Steingut mit feineren, künstlerischen Glasuren zu versehen, so wird das Einbrennen derselben stets in feuerfesten Kapseln vorgenommen, um sie vor der Berührung mit der Flamme oder vor dem Anfliegen von Asche zu bewahren. Die Verzierung solcher Gegenstände mit farbigen Malereien auf weißer Glasur geschieht in der Weise, daß die Gegenstände nach dem Glattbrande mit der farbigen zweiten Glasur bemalt werden, doch muß diese dann leichter schmelzbar sein wie die erste, weiße Glasur, da sonst beide Glasuren in Fluß kommen und sich vermischen würden. Um jedoch das dritte Brennen zu umgehen, geht man gewöhnlich in der Weise vor, daß man die Zusammensetzung der farbigen Glasur so wählt, daß letztere bei der Temperatur, bei welcher die weiße Glasur schmilzt, noch nicht einmal zu sintern beginnt. Die farbige Zeichnung sinkt dann gleichsam in die geschmolzene Glasurmasse ein und wird von dieser festgehalten, es erscheinen dann alle Zeichnungen mit vollkommener Schärfe.



Brennofen für Steingut.

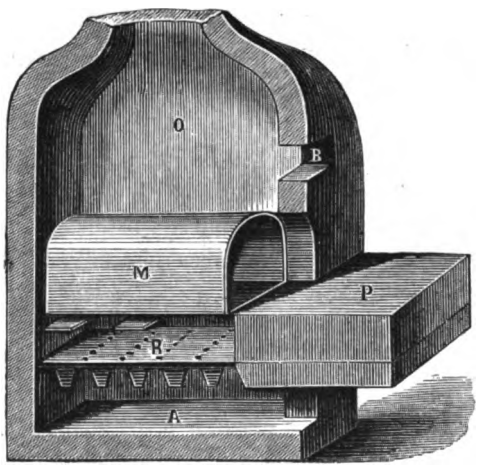
Dieses Verfahren kann aber nur bei solchen Farben angewendet werden, welche sich bei der Temperatur des Glattbrennens, also bei starker Rothglut nicht verändern. Farben von zarterer Beschaffenheit, welche einen so hohen Hitzegrad nicht vertragen, werden zur Verzierung von Steingutgeschirr gewöhnlich nicht angewendet, wohl aber werden sie bei Majolicamassen, welche mit den verschiedenartigsten Malereien versehen werden, benützt. Solche Farben werden aus den betreffenden Metalloxyden dadurch hergestellt, daß man diese mit einem sehr leicht schmelzbaren Glase (Fluß oder Schmelzfluß) mengt, die sich ergebenden Pulver mit einem ätherischen Oele (Terpentinöl oder Lavendelöl) mischt, um eine Masse zu erhalten, deren Consistenz zum Malen passend ist. Diese wird dann mit Hilfe des Pinsels auf dem weißen Untergrunde aufgetragen.

Digitized by Google

Zum Einbrennen dieser Farben ist dann nur eine relativ niedere Temperatur erforderlich. Manche Farben würden auch durch die reducirend wirkenden Feuergase vollständig verändert werden, man bedient sich daher zum Einbrennen solcher Farben der sogenannten Muffeln.

Diese Muffeln (M in der untenstehenden Abbildung) bestehen aus einem gewölbten Gefäße aus feuerfestem Thon, welches vorne offen und in einem gleichfalls aus feuerfestem Thone verfertigten Ofen O eingesetzt ist. R ist der Rost, A der Aschenfall dieses Ofens; die Oeffnung B dient zum Einwerfen des Brennmateriales, die Platte P dient als Unterlage, wenn die Gefäße aus der Muffel gezogen werden.

Auf geringem Steinzeuge können der Billigkeit des Fabrikates wegen nur Handmalereien der rohesten Art ausgeführt werden. In neuerer Zeit hat man jedoch Verfahren ersonnen, welche es gestatten, Steinzeug mit künstlerisch vollendeten Decorationen zu versehen, ohne dazu eines Künstlers zu benöthigen. Die betreffenden Zeichnungen werden dann zunächst mit der Buchdruckerpresse unter Verwendung feuerbeständiger Farben auf dünnem Papiere hergestellt. Das Papier wird dann mit der bedruckten Seite auf die mit Glasurmasse überzogene Fläche des Gegenstandes gelegt, und dieser dem Glattbrande unterworfen. Das Papier verbrennt, die Zeichnung brennt sich aber mit vollster Schärfe und Deutlichkeit in die Glasur ein. In ganz ähnlicher Weise befestigt man auch vollständige, in verschiedenen Farben ausgeführte Bilder — sogenannte Abziehbilder — auf keramischen Objecten; die Farben sind mit leicht schmelzbarem Glasflusse gemengt, und werden in der Muffel eingebrannt. — —



Muffel.

Wir gelangen jetzt zur Besprechung der zweiten Abtheilung der keramischen Fabrikate, der dichten Thonwaaren. Diese besitzen einen dichten gesinterten Scherben, und in diese Abtheilung gehört auch das Porzellan. Bevor wir uns jedoch mit der Erzeugung desselben vertraut machen, wollen wir zunächst die minder feinen Sorten, deren Scherben nicht weiß und fast nicht durchschimmernd, beziehungsweise durchscheinend ist, das Wedgwood und das Steinzeug besprechen.

Die unglasirten Steinzeugwaaren, Wedgwood und Klinker, werden aus einem fetten, ziemlich feuerbeständigen Thon, welcher sich nahezu weiß brennt, verfertigt. Zur Herstellung der Klinkerplatten, der sogenannten Mettlacher Fliesen, welche sehr häufig zur Auskleidung von Baderäumen und zu ähnlichen Zwecken ver-



Digitized by Google

wendet werden, bedient man sich gewöhnlich hydraulischer Pressen, welche die Masse stark comprimiren. Die farbigen, oft sehr geschmackvollen Ornamente auf diesen Platten werden dadurch erzeugt, daß man mit Hilfe von Schablonen Metalloxyde, welche die Färbung bewirken, oder Thone aufträgt, welche sich farbig brennen. Sehr häufig wird auch das Engobiren angewendet, um der Oberfläche dieser Stücke eine bessere Beschaffenheit zu ertheilen.

Unter dem Namen Steinzeug — wohl zu unterscheiden vom Steingut, welches wir schon besprochen haben — versteht man eine Masse, welche in vielen Dingen dem Porzellan ziemlich nahe steht. Es ist aber, wie erwähnt, nicht durchscheinend, höchstens lassen weiße Steinzeugmassen an den Kanten etwas Licht durchschimmern. Die Steinzeugwaaren besitzen bedeutende Festigkeit und Härte; manche derselben vertragen auch die Berührung mit starken Säuren und Alkalien, ohne von diesen angegriffen zu werden, und deshalb werden sie auch sehr häufig in der chemischen Industrie zu solchen Zwecken angewendet. Dagegen verträgt das Steinzeug rascher verlaufende Temperaturwechsel sehr schlecht, und dies ist auch die Ursache, weshalb sich Steinzeuggefäße in der Küche keinen Platz erobern konnten.

Das ordinäre Steinzeug, so Geräthe für chemische Fabriken, Bier- und Wasserkrüge, Mineralwasserkrüge, von welch letzteren jährlich in Böhmen und in Nassau viele Hunderttausende hergestellt werden, wird aus wenig gefärbten Thonen bereitet, die beim Brennen nur wenig schwinden, in starker Hitze sintern und sehr plastisch sind. Das feine Steinzeug dagegen wird stets aus Thonen angefertigt, welche sich weiß brennen; man setzt diesen Thonmassen immer quarz- und feldspathaltige Mineralien zu. Das feine Steinzeug steht also dem Porzellan so nahe, als dies überhaupt bei einer Geschirrmasse der Fall sein kann, die man nicht selbst schon als Porzellan bezeichnen muß.

Das Formen der Steinzeuggegenstände geschieht fast ausschließlich unter Anwendung der Töpferscheibe, so weit es sich um die Darstellung von Mineralwasserkrügen, Flaschen für Schwefelsäure oder auch um Bier- oder Wasserkrüge handelt; manche complicirte Gegenstände, wie beispielsweise mehrhalsige Flaschen für chemische Fabriken werden stückweise unter Benützung der Töpferscheibe und von Formen durch Pressen hergestellt und dann im halbtrockenen Zustande vereinigt.

Nächst dem Porzellan bedarf das Steinzeug zum Brennen der höchsten Temperatur, welche überhaupt zum Brennen der Thonwaaren angewendet wird. Selbst unter günstigen Verhältnissen dauert aber der Brand eines Steinzeugofens drei Tage, und das Erkalten beansprucht eine mindestens ebenso lange Zeit.

Das Glasiren der Steinzeugwaaren wird entweder in der uns schon bekannten Weise durch Begießen mit, oder Eintauchen in die Glasurmasse bewirkt, oder durch das Salzen, welches Verfahren wir auch schon kennen gelernt haben. Die Salzglasur ist fast farblos und läßt die Farbe der unter ihr liegenden Thonmasse deutlich erkennen; es ist jedoch auch möglich, der Glasur einen warmen, bräun-

Digitized by Google

lichen Farbenton zu geben. Dies geschieht in der Weise, daß man unmittelbar nach Beendigung des Salzens, so lange die Glasur noch flüssig ist, in die Heizung ein sehr stark rußendes Brennmaterial, wie etwa harzhaltiges Holz (Kienholz) einwirft und die Heizungen sofort schließt. Es scheint, daß durch die unvollständige Verbrennung der Feuergase sehr feine Kohlentheilchen in der Glasur eingelagert werden, und die Ursache der hellbraun bis dunkelkastanienbraunen Färbung sind, welche solche Steinzeuggeschirre nach dem Brande besitzen.

Aus solchem Steinzeug, namentlich wenn es eine nicht zu dunkelgelbe oder hellgraue Färbung besitzt, lassen sich recht hübsch und gefällig aussehende farbige Gegenstände herstellen und diese Technik eignet sich besonders zur Anfertigung hübscher Krüge für Bier, Wasser u. s. f.

Die anzuwendenden Farben (Kobalt für blau, Braunstein für violett bis braun, Kupferoxyd für grün ꝛc.) werden mit einer ziemlich leichtflüssigen Glasur gemischt, mit Terpentinöl angerieben und mit dem Pinsel aufgetragen. Die Geschirre werden dann in große Muffeln gestellt und so weit erhitzt, daß die den Farben beigemischte Glasur in Fluß geräth und sich mit der unter ihr liegenden schwer schmelzbaren Glasur verbindet.

Das Porzellan, dem wir uns nun zuwenden wollen, ist, wie wir wissen, eine chinesische Erfindung. Ueber das Jahr jedoch, in welchem diese Erfindung gemacht wurde, gehen die Anschauungen sehr auseinander. Während einige Forscher annehmen, daß die Kunst der Porzellanbereitung in China schon von altersher bekannt war und geübt wurde, verlegen Andere wieder diese Erfindung in das Jahr 200 v. Chr., aller Wahrscheinlichkeit nach dürfte aber erst im 7. Jahrhundert unserer Zeitrechnung das erste Porzellan — wenigstens Porzellan nach unseren Begriffen — hergestellt worden sein. Die ersten unzweifelhaften Nachrichten über die Porzellanfabrikation in China stammen aber erst aus dem 11. Jahrhundert unserer Zeitrechnung, als die berühmte Fabrik zu Kingtetschin gegründet wurde.

Von da ab war aber diese Industrie im steten Aufblühen begriffen, und namentlich unter der kunstliebenden Ming-Dynastie, welche im 14. Jahrhundert regierte, sowie in den beiden folgenden Jahrhunderten erreichte die chinesische Porzellanindustrie wohl ihre höchste Blüthe. Es ist aber selbst für gewiegte Kenner schwierig, Fabrikate aus jener und aus späterer Zeit zu unterscheiden. Die Marken, welche die Fabriken auf ihren Gegenständen anbrachten, werden in China mit großem Geschicke nachgeahmt, und auch die Zeichnungen auf den Gefäßen bieten zur Erkennung nur sehr geringe Anhaltspunkte. Denn der in China das oberste Staatsprincip bildende Conservativismus bedingte auch ein starres Festhalten an den einmal eingeführten Formen, es sind immer dieselben Gottheiten und heiligen Thiere, wie der Drache Mang, der Hund des Fo, der einem Paradiesvogel ähnliche Fong-Hoang und ähnliche Darstellungen, welchen wir auf chinesischen Porzellangegenständen, einerlei, aus welcher Zeit sie stammen, begegnen. Nur die Glasur bietet die Handhabe zur Unterscheidung, und zwar gelten jene Gefäße als aus

Digitized by Google

alter Zeit stammend, welche — neben anderen Merkmalen — eine unansehnliche, mangelhafte blaue Glasur tragen.

Im 16. Jahrhunderte gelangte von China aus die Kunst der Porzellanfabrikation nach Japan, im 16. und 17. Jahrhunderte begann aber auch schon die Einfuhr großer Mengen chinesischen Porzellans nach Europa, und zwar haben sich vornehmlich holländische, wie auch portugiesische Kaufleute damit befaßt. Die Portugiesen sollen dem Porzellan auch seinen Namen verliehen haben, und zwar soll er von einer Schneckenart, Porzella geheißen, abgeleitet sein. Das Gehäuse dieser Schnecke besitzt nämlich ein porzellanähnliches Aussehen, und deshalb wurde ihr Name auf das chinesische Erzeugnis übertragen.

Als man in Europa mit dem chinesischen Porzellan vertraut und bekannt wurde, und dessen prächtige Eigenschaften zu schätzen und zu würdigen lernte, war man natürlich auch bestrebt, selbst solche Waaren herzustellen, doch schlugen alle Versuche fehl. Wohl wurde in Frankreich das „weiche französische Porzellan" im 17. Jahrhunderte erfunden, und zwar in St. Cloud, doch war dies mehr ein Glas, als ein Porzellan, seine Herstellung war höchst umständlich, und trotz aller Mühe und Sorgfalt, die man darauf verwendete, konnte es immer nur ein porzellanähnliches Surrogat bilden.

Erst zu Beginn des 18. Jahrhundertes, im Jahre 1706, gelang es dem deutschen Alchemisten Böttger, wirkliches, echtes Porzellan zu erzeugen, und zwar ganz unabhängig von der chinesischen Porzellanindustrie, so daß es sich hier also wirklich um eine neue Erfindung handelte, und das Verdienst Böttger's besteht nicht etwa bloß darin, aus China herüber gekommene Vorschriften für die Praxis anwendbar gemacht zu haben.

Diese Erfindung des Porzellans ist aber nicht allein wichtig, sondern auch culturgeschichtlich so interessant, daß es sich wohl verlohnt, etwas näher auf die sie begleitenden Umstände einzugehen.

Johann Friedrich Böttger — Kopp, dessen Darstellung in seiner „Geschichte der Chemie" wir im Folgenden benützen, schreibt seinen Namen Böttticher, Andere nennen ihn auch Böttcher oder Böttiger — wurde im Jahre 1682, am 4. Februar in Schleiz geboren. Zu jener Zeit wurde Europa noch von zahlreichen Alchemisten durchzogen, die sich als Besitzer des Steines der Weisen ausgaben und Transmutationen ausführten. Solche Meister in ihrer Kunst suchten sich sehr häufig an Fürstenhöfen unter der Vorspiegelung, Gold zu machen, einzudrängen und dies gelang ihnen auch in der Regel ohne Mühe. Allerdings erging es ihnen sehr oft schlecht, wenn sie ihre Versprechungen nicht hielten, sie wurden eingekerkert, gefoltert, um ihnen ihr angebliches Geheimnis zu erpressen, und schließlich, wenn es ihnen nicht gelang, zu entkommen, hingerichtet. Die vorsichtigeren unter ihnen ließen sich jedoch nicht in zu gewagte Unternehmungen ein und gaben sich zufrieden, ihrer angeblichen Kunst willen an den Fürstenhöfen, deren es zu jener Zeit in Deutschland eine Unzahl gab, ein üppiges Leben zu führen und sich mit Hochachtung behandeln zu lassen.

Digitized by Google

Ein solcher Wundermann zog vom Jahre 1690 ab in Deutschland umher, er nannte sich Laskaris, und gab an, Vorsteher eines griechischen Klosters auf Mytilene zu sein. Er war klug genug, nur selten selbst die Metallverwandlung zu zeigen, dafür aber theilte er gern Anderen vom Steine der Weisen mit, den er zu besitzen vorgab, um auf diese Weise die Richtigkeit der Alchemie zu beweisen und den Glauben an diese Kunst aufrecht zu erhalten. Unter diesen Emissären, welche er zur Bekehrung der Zweifler aussandte, ist besonders Böttger bekannt geworden. Er war 1701 Lehrling in einer Berliner Apotheke, deren Besitzer als Alchemist bekannt war; in dieser Stellung lernte Böttger Laskaris kennen, als dieser einmal die Apotheke besuchte. Laskaris lud ihn in seine Wohnung und gab ihm eine ziemliche Menge des Steines der Weisen, mit dem Auftrage, in einigen Tagen, nach der Abreise des Gebers, die Wirkung zu versuchen und öffentlich zu zeigen. Die Verwandlung von Quecksilber in Gold gelang vortrefflich und wurde vor Zeugen wiederholt.

Böttger war eitel genug, sich selbst für den Urheber und Erfinder der wunderwirkenden Substanz auszugeben. Seine Transmutationen wurden schnell bekannt, und König Friedrich I. gab Befehl, sich des Adepten zu versichern. Böttger floh noch zur rechten Zeit über die sächsische Grenze nach Wittenberg; der König von Preußen verlangte seine Auslieferung, und zwar in einer Art, welche dem angeblichen Adepten eine besondere Wichtigkeit beilegte. Bei der Abwesenheit des Regenten — König August II. von Polen befand sich gerade in Warschau — wagte die sächsische Regierung nicht, in einer möglicherweise so folgenreichen Angelegenheit zu entscheiden; die Auslieferung wurde vorläufig verweigert und an den König nach Warschau berichtet.

Der preußische Hof drang jedoch fortwährend auf Uebergabe des Adepten, und die Sache wurde mit solchem Ernst behandelt, daß man in Sachsen eine Ueberrumpelung Wittenbergs, wo sich Böttger noch immer befand, durch die Preußen fürchtete, und für Verstärkung der dortigen Besatzung Sorge trug. Der Generalgouverneur des Kurfürstenthums, Fürst von Fürstenberg, ließ den Adepten nach Dresden bringen, und wurde durch die in seiner Gegenwart angestellten Versuche überzeugt, daß Böttger das Geheimnis der Goldmacherkunst besitze.

Fürstenberg begab sich nun selbst nach Warschau zu August II., er nahm die angeblichen Mittel zur Darstellung des Goldes mit, um sie gemeinsam mit dem Könige zu versuchen. Man erhielt zwar kein Gold, dieser mißlungene Versuch schwächte aber das Vertrauen zu der Kunstfertigkeit Böttger's nicht im geringsten. Er wurde sogar in den Adelsstand erhoben, jedoch nicht aus den Augen gelassen. Der König versuchte ihn fortwährend durch gnädige Behandlung zur offenen Mittheilung seines Geheimnisses zu bewegen; er bewilligte alle seine Wünsche; der Ton seiner vielfachen Briefe an Böttger ist fast mehr als herablassend, und in eigenhändigen Schreiben gratulirte der König seinem Alchemisten zum neuen Jahr. Doch ließ man es vom Anfange an auch an strenger Bewachung nicht fehlen, um die Art kennen zu lernen, wie Böttger den Stein der Weisen bereitete, und um seiner

Digitized by Google

sicher zu sein, da dem Alchemisten in Dresden nichts weniger als wohl zumuthe war, und er nach einer guten Gelegenheit zur Flucht sich umsah. Die Bewachung war anfangs wenig merkbar, trat aber immer deutlicher hervor, als Böttger aufmerksam wurde und sich ihrer zu entziehen suchte, besonders als die ihm von Laskaris übergebene Quantität Tinctur zu Ende ging. Zuletzt wurde er auf die Festung Königsstein gebracht.

Diese strenge Maßregel soll besonders dadurch hervorgerufen worden sein, daß auch von außen an Böttger's Befreiung eifrig gearbeitet wurde. So wird berichtet, daß Laskaris, dem alles dies bekannt wurde, es für seine Pflicht hielt, dem unbesonnenen Jüngling zu helfen. Laskaris ging deshalb nochmals nach Berlin und vertraute sich einem Freunde Böttger's, einem gewissen Dr. Pasch an. Diesen schickte er nach Dresden mit dem Auftrage, dem Könige für Böttger's Freilassung 800.000 Ducaten zu bieten, welche man in Holland beheben könne.

Pasch ging nach Dresden und theilte seine Aufgabe einigen hochstehenden Verwandten mit. Diese versprachen ihm, für diesen Preis Böttger's Freilassung selbst bewirken zu wollen, da ein so hohes Lösegeld den König nur in seinem Vertrauen zu Böttger's Kunst bestärken könne. Man ermöglichte den Verkehr zwischen Böttger und Pasch, allein die Sache wurde entdeckt, und Böttger auf den Königsstein, Pasch auf den Sonnenstein abgeführt.

Nach zweieinhalbjähriger Gefangenschaft suchte Pasch mit Hilfe eines Soldaten der Besatzung zu entfliehen, was ihm auch gelang, allein ein schwerer Fall bei diesem Unternehmen hatte seine Gesundheit zerstört. Er kehrte nach Berlin zurück, erzählte dort seine Schicksale, die durch seinen Verkehr mit einem Adepten so viel Interesse hatten, daß selbst der König Friedrich I. seine mündliche Berichterstattung verlangte, und starb bald darauf.

Böttger blieb nicht lange auf dem Königsstein; er wurde nach Dresden zurückgebracht, um desto eher willig gemacht zu werden, an dem Stein der Weisen zu arbeiten. Ein Fluchtversuch mißlang und führte nur zu einer Verschärfung seiner Haft, wobei ihm jedoch immer Freiheit und Belohnung zugesichert wurde, wenn er die Herstellung des Steines der Weisen lehre. Böttger selbst bestärkte aber noch immer die Ansicht, daß er im Besitze des Geheimnisses sei, und im Jahre 1704 schloß er darüber sogar einen besonderen Contract mit dem Könige ab. Als eines der kostbareren Besitzthümer der Krone Sachsen wurde er 1706 noch einmal mit anderen Kleinodien auf den Königsstein in Sicherheit gebracht, als Sachsen von einer Invasion bedroht wurde.

Bis zum Jahre 1707 hatte der König immer noch geduldig zugewartet, daß Böttger sich endlich herbeilassen werde, seine Versprechungen zu halten. Nun nahm er die Sache aber ernster und drohte mit seinem Zorne, wenn ihm das Geheimniss nicht bald enthüllt werde. Böttger's Schicksal wäre das gleiche gewesen wie so mancher anderer falscher Adepten, da kam ihm ein glücklicher Zufall zu Hilfe.

Schon seit dem Jahre 1704 hatte er sich mit keramischen Versuchen befaßt, und zwar gelang es ihm, eine rothe, porzellanähnliche Masse — aber noch lange

Digitized by Google

kein Porzellan — herzustellen, er soll sie bei Anfertigung eines Schmelztiegels aus rothem Meißener Thon entdeckt haben. Von da ab, da die aus dieser Masse nach seiner Vorschrift hergestellten Gegenstände sich des Beifalles erfreuten, stellte er keramische Experimente an, wohl auch aus dem Grunde, da ihm dies sicherer dünkte, als die Suche nach dem Stein der Weisen. In seinem Streben, auf einem realeren Boden etwas zu leisten, wurde er durch den Grafen Tschirnhausen, einem Manne von hervorragender naturwissenschaftlicher Bildung, unterstützt und besonders zu den Versuchen, das chinesische Porzellan nachzuahmen, womit sich auch Tschirnhausen beschäftigt hatte, aufgefordert.

Lange Zeit mühte er sich vergeblich, wie so viele Andere vor und mit ihm. Da gelangte er in den Besitz einer neu entdeckten Substanz, die zum Einpudern der Haare dienen solle, wie es die damals herrschende Mode forderte. Es war dies ein Ersatz für das theure Weizenmehl, und nichts anderes als Kaolin, also Porzellanerde, die von einem Hammerschmiede aufgefunden, zu dem gedachten Zwecke ausgebeutet wurde.

Mit dieser Substanz machte nun Böttger seine Versuche, sie gelangen, und nun war die Frage gelöst, Porzellan auch in Europa herzustellen. Im Besitze dieser Entdeckung wagte es Böttger, dem Könige zu gestehen, daß er nie die Kunst besessen habe, den Stein der Weisen zu machen. Der König, überrascht durch die Vortheile, welche die Fabrikation des Porzellans ihm bringen mußte, verzieh dem Alchemisten, der ihn so lange getäuscht hatte. Es wurde nun die königliche Porzellanmanufactur — die erste Porzellanfabrik in Europa — auf der Albrechtsburg bei Meißen eingerichtet und Böttger zu deren Director bestellt.

Zwar hatte ihm der König die Freiheit geschenkt, doch wurde er immer, gerade so wie die auf der Albrechtsburg beschäftigten Arbeiter bewacht, um einen Verrath des Geheimnisses unmöglich zu machen. Böttger starb endlich am 13. März 1719.

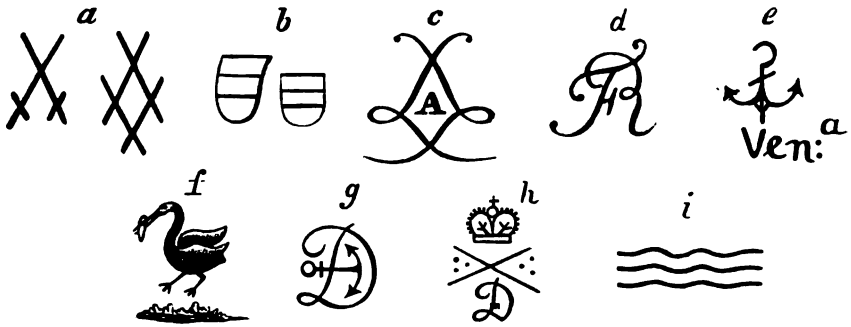
Trotz der großen Strenge, welche man anwendete, um das Geheimnis der Porzellanfabrikation nicht außer Landes kommen zu lassen — warf dieser neue Industriezweig dem Könige doch eine ansehnliche Rente ab — blieb es doch nicht allzu lange Zeit gewahrt. Es gelang einzelnen Arbeitern zu entkommen und sich an anderen Höfen gegen gute Bezahlung als Porzellankundige niederzulassen, fremde Arbeiter schlichen sich ein, um die neue Kunst zu erlernen, und so kam es, daß bald nach der Gründung dieser ersten Porzellanfabrik im Jahre 1710 jedes Land und jedes Ländchen seine Porzellanmanufactur besaß, von denen manche theils wegen der Schönheit, theils wegen der wahrhaft künstlerischen Ausführung ihrer Erzeugnisse zu hohem Rufe und Ansehen gelangten. So wurde die später hochberühmte Porzellanfabrik zu Wien 1718, Berlin 1750, Nymphenburg 1758 gegründet.

In Frankreich, wo man längere Zeit das schon erwähnte französische Weichporzellan darstellte, dauerte es lange Zeit, bis eine eigentliche Porzellanindustrie entstand. Und dies aus dem Grunde, da in Frankreich im ganzen Lande

Digitized by Google

nirgends eine brauchbare Porzellanerde gefunden wurde und der Bezug aus anderen Ländern durch die überall erlassenen Ausfuhrverbote unmöglich war. Es wurden wohl einige Porzellanfabriken in Frankreich errichtet, sie waren jedoch auf ein minderwerthiges Material beschränkt und mußten entweder zu anderen Fabrikationszweigen übergehen oder aber den Betrieb ganz einstellen.

Auch hier spielte der oft so mächtige Factor „Zufall" eine bedeutende Rolle. Wie man erzählt, wollte die Frau eines armen Handwerkers in St. Yrieux bei Limoges Thon sammeln, um damit ihre Wäsche zu reinigen; sie suchte nach der sogenannten Walkerde, die heute noch diesem Zwecke dient. Der weiße, leicht zerreibliche Stein, den sie fand und nach Hause brachte, fiel ihrem Manne auf, er zeigte ihn einem Apotheker in Bordeaux, der der Meinung Ausdruck gab, man habe es hier mit der so lange vergeblich gesuchten Thonerde zu thun. Er sendete




Marken berühmter Porzellanfabriken.

a Meißener-, b Alt-Wiener-, c Marke von Sèvres (der Buchstabe A entspricht dem Jahre 1753, B 1754 u. s. f.), d Marke von Sèvres 1794 bis 1800, e Alt-Venezianer Marke, f Marke der Porzellanfabrik zu Haag, g und h zu Derby, i zu Kopenhagen.

eine Probe an den Chemiker Macquer in Paris, der diese Meinung bestätigte, und nun grub man an dem Fundorte nach und es gelang thatsächlich, ein reiches Lager vorzüglicher Porzellanerde bloßzulegen. Nun waren die Bedingungen gegeben, um auch in Frankreich mit Erfolg an die Erzeugung von Porzellan schreiten zu können — das Verfahren seiner Darstellung war schon lange bekannt — und bald darauf war der Ruf des Sèvresporzellans schon weit über die Gemarkungen des Landes gedrungen.

Zur Unterscheidung und Kenntlichmachung ihrer Erzeugnisse legte sich jede der zahlreichen, in rascher Aufeinanderfolge entstandenen Porzellanfabriken eine eigene Marke, ein Fabrikszeichen bei, und viele dieser Zeichen haben sich, von geringen, in der Laune und Geschicklichkeit des sie Auftragenden gelegenen Abweichungen abgesehen, bis auf unsere Tage erhalten. So führten die Meißener

Digitized by Google

Fabrikate die noch heute üblichen zwei gekreuzten Schwerter in blauer Farbe, die Wiener Porzellanfabrik zeichnete mit einem bienenkorbähnlichen Gebilde, welches das österreichische Wappen vorstellen soll, neapolitanische Fabriken führten theils einen Halbmond, theils einen Brunnen als Zeichen u. s. f.

Nach dieser Abschweifung auf das historische Gebiet wollen wir uns jetzt aber der Fabrikation des Porzellans selbst zuwenden.

Das weiche französische Porzellan, der Vorläufer des echten Hartporzellans, die berühmte Pâte tendre, welche in Sèvres dargestellt wurde, bestand aus einem Gemenge von Salpeter, Soda, Kochsalz, Alaun, Gips und Sand. In der Hitze des Brennofens werden die genannten Körper in der Weise verändert, daß Silicate entstehen, welche sich miteinander zu sehr schwer schmelzbaren Gläsern vereinigen, und die noch ungeschmolzen gebliebenen und in der Hitze des Brennofens noch nicht schmelzbaren Silicate umschließen. Die Härte des „weichen" Porzellans — der Name bezieht sich nur auf die leichte Schmelzbarkeit zum Unterschiede vom „harten" unschmelzbaren Porzellan — ist sehr groß und kommt jener des echten Porzellans gleich, dagegen ist seine Widerstandsfähigkeit gegen raschen Temperaturwechsel sehr gering.

Da man gegenwärtig über weitaus größere chemische Kenntnisse verfügt als zu jener Zeit, in welcher die Herstellung dieses französischen Weichporzellans zu Sèvres im großen Maßstabe betrieben wurde (1750 bis 1804), kann man die Massen einfacher zusammensetzen, und man verwendet heute dazu nur mehr Gemische, bestehend aus Kalialaun (die Alaune sind Doppelverbindungen von schwefelsaurer Thonerde mit schwefelsaurem Kalium), Soda, kohlensaurem Kalk und Sand. Die in Sèvres angewendete alte Mischung bestand aus folgenden auf das Feinste zerkleinerten Körpern:

| | | |
|---|---|---|
| Geschmolzener Salpeter . . . . . | 22·0 | Gewichtstheile |
| Kochsalz . . . . . | 7·2 | „ |
| Alaun, geglüht . . . . . | 3·6 | „ |
| Soda von Alicante . . . . . | 3·6 | „ |
| Gips vom Montmartre, geglüht . . | 3·6 | „ |
| Sand von Fontainebleau . . . . . | 60·0 | „ |

Diese Masse wurde aufs innigste gemengt und in einem Ofen so stark erhitzt, daß sich eine Fritte bildete. Dann wurde sie in kaltem Wasser abgeschreckt, gepulvert und mit Wasser gewaschen, um etwa unzerlegt gebliebene Salze zu entfernen, die Frittmasse sollte nämlich nur aus Silicaten bestehen. Durch Mengen mit Kalk, Mergel und Kreide wurde diese Fritte dann in die eigentliche Pâte tendre umgewandelt.

Diese Masse besitzt jedoch fast gar keine Bildsamkeit, und um sie überhaupt formen zu können, wurde sie mit Leimwasser oder Traganthschleim vermengt. Aber selbst dann ist diese Masse zur Formung auf der Töpferscheibe fast ungeeignet, und man wendete daher meist Gipsformen an, in welche sie gegossen wurde.

Digitized by Google

Auch das Brennen dieser Masse ist mit ziemlichen Schwierigkeiten verbunden, sie muß so stark erhitzt werden, daß sie sehr weich wird. Dabei wird aber die Gefahr des Verziehens sehr groß, und um dies zu vermeiden, stellt man Teller auf Unterlagen, welche ihrer Form entsprechen, und versieht anders geformte Gegenstände mit Stützen, um das Zusammensinken zu verhindern.

Nach dem ersten Brande — dem Bisquitbrande —. besitzen solche Gegenstände jedoch nur ein glanzloses Aussehen, wenn sie auch stark durchscheinend sind, sie müssen daher noch glasirt werden. Das Auftragen der Glasur erfordert aber große Uebung, denn fällt sie zu dick aus, so werden die Umrisse der Gegenstände verwischt, ist sie zu dünn, so tritt ihr Glanz nicht genügend hervor.

Weit näher als die Pâte tendre steht dem echten Porzellan das weiche englische oder Knochenporzellan, denn die Masse, aus welcher es besteht, besitzt nicht glasartige Beschaffenheit, sondern sie hält mehr die Mitte zwischen feiner Fayence und Hartporzellan.

Das englische Weichporzellan ist in Bezug auf die rein weiße Farbe und auf die Durchlässigkeit für Licht dem Hartporzellan völlig gleich, es ist aber weit weniger feuerbeständig und mit einer weichen Glasur, welche Stahl zu ritzen vermag, versehen.

Für manche künstlerische Zwecke ist es jedoch sogar besser geeignet wie das Hartporzellan, denn Bisquitmassen, das sind unglasirte Stücke, besitzen das Aussehen des reinsten feinkörnigen weißen Alabasters, außerdem hat es den Vorzug, daß es sich beim Brennen nur wenig verzieht.

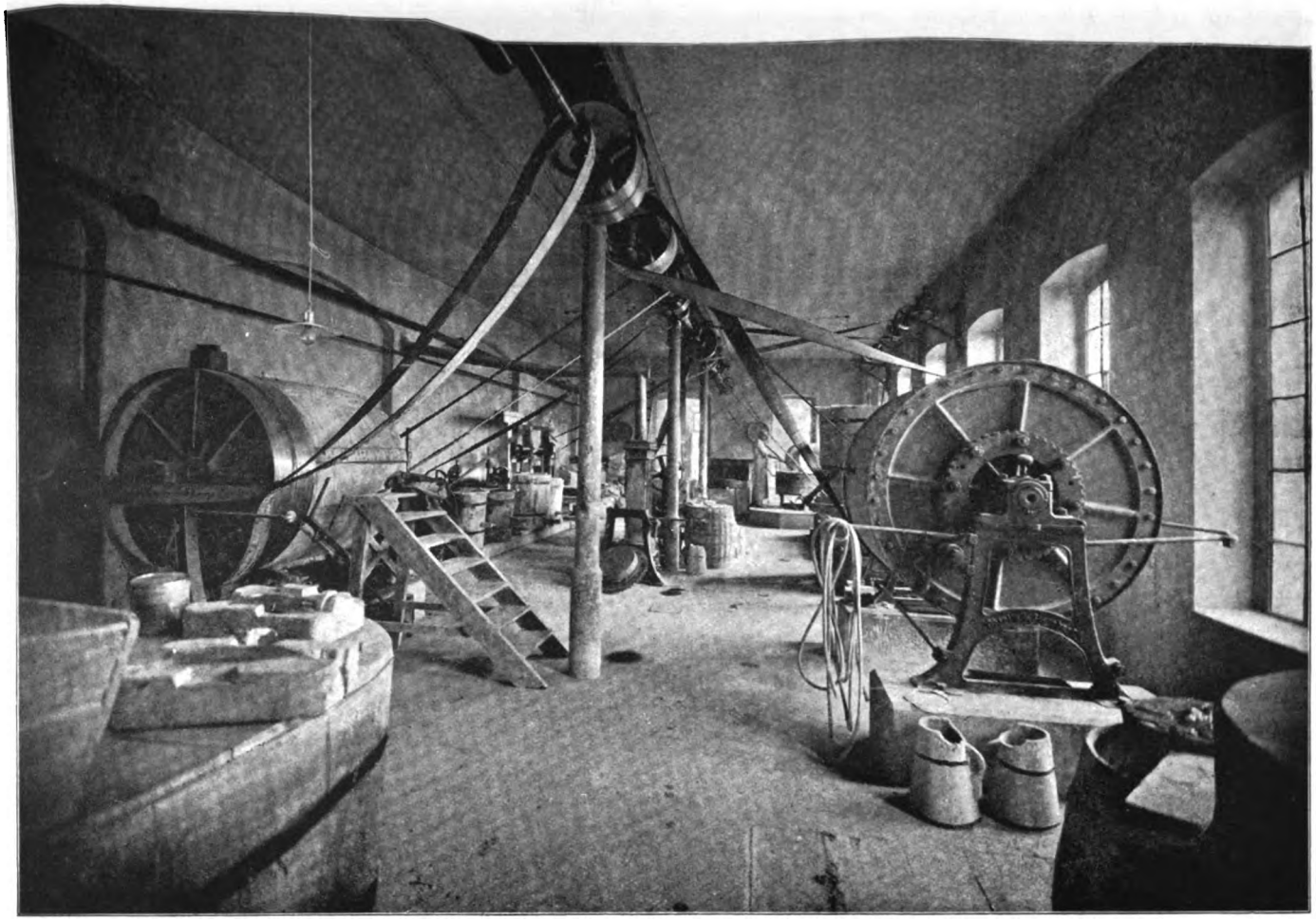
Die Masse für das englische Weichporzellan wird aus Porzellanerde und einem beim Brennen rein weiß werdenden, vollkommen plastischen Thon unter Zusatz von Feuerstein, Gips oder Knochenasche angefertigt. Die Knochenasche — wie wir wissen, in der Hauptsache phosphorsaurer Kalk — dient nur als Flußmittel, und daher stammt auch der Name „Knochenporzellan". In neuerer Zeit wird sie jedoch gewöhnlich durch andere ähnlich wirkende Materialien ersetzt, wodurch die Massen eine größere Strengflüssigkeit gewinnen. Die Knochenasche muß natürlich vollkommen weiß gebrannt sein, da sonst die Geschirrmasse eine graue Färbung erhalten würde.

Das edelste und vornehmste Erzeugnis der keramischen Industrien ist das echte Porzellan oder das Hartporzellan. Es besitzt eine rein weiße Farbe, läßt das Licht sehr stark durchscheinen und ist so hart, daß es mit dem Stahle nicht geritzt werden kann. Das Rohmaterial, welches zu seiner Herstellung dient, ist das reinste, welches es giebt: Kaolin (Porzellanerde) und durch Mischen mit Quarz und Feldspath wird daraus die Porzellanmasse bereitet.

In der hohen Temperatur des Brennofens schmelzen die Flußmittel zu einem ungemein strengflüssigen Glase zusammen und umhüllen die winzig kleinen Theilchen des Kaolins.

Auch die Porzellanglasuren weichen in ihrer Beschaffenheit wesentlich von den Glasuren der anderen keramischen Massen ab. Sie besitzen nämlich dieselbe

Digitized by Google



**Materialmühle.**

Aus den keramischen Werken „Amphore" von Rießner, Stellmacher & Kessel in Turn-Teplitz (Böhmen).

Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

Digitized by Google

Zusammensetzung wie die Grundmasse, mit dem Unterschiede, daß die Menge der Flußmittel in der Glasur so groß gewählt wird, daß diese zu einem durchsichtigen, ungemein harten Glase schmilzt.

Das Kaolin oder die Porzellanerde ist ebenfalls das Verwitterungsproduct feldspathführender Gesteine, doch ist die Verwitterung bei den reinsten Sorten vollständig, oder es fand durch fließendes Wasser ein natürlicher Schlämmproceß statt, so daß sie ihrer chemischen Zusammensetzung nach nichts weiter sind als kieselsaure Thonerde.

Die meisten in der Natur vorkommenden Kaoline — und Kaolinlager wurden in allen Ländern der Erde aufgefunden — sind jedoch nicht vollständig rein, sondern sie enthalten noch kleine unverwitterte Stückchen des ursprünglichen Gesteines, die, wenn sie nicht sehr leicht zerreiblich sind, durch Schlämmen entfernt werden müssen.

Die Zubereitung der Porzellanmasse erfordert in jeder Beziehung die größte Sorgfalt. In chemischer Beziehung muß sie einen gewissen Gehalt an reiner Thonsubstanz, Quarz und Feldspath besitzen, und diese Zuschläge schwanken nach der natürlichen Beschaffenheit des Kaolins, je nachdem es größere oder geringere Mengen anderer Bestandtheile enthält. Aber auch die mechanische Zubereitung muß mit der größten Sorgfalt vorgenommen werden, da das reine Kaolin an und für sich keine Bildsamkeit besitzt und diese außerdem noch durch den Zusatz der Magerungsmittel — Feldspath und Quarz — verringert wird.

Alle Bestandtheile müssen zunächst auf das Feinste gemahlen und geschlämmt werden, Quarz und Feldspath werden vorher geglüht, mit kaltem Wasser abgeschreckt und dann erst gemahlen. Zunächst werden die Materialien auf Kollergängen zerkleinert und gelangen dann in die Massemühle. Wie die beigegebene Abbildung, welche wir, nebst anderen in diesem Abschnitte verwendeten, dem Entgegenkommen der rühmlichst bekannten keramischen Werke „Amphora", Rießner, Stellmacher & Kessel in Turn-Teplitz in Böhmen verdanken, zeigt, sind diese Massemühlen rotirende Cylinder. Durch eine verschließbare Oeffnung wird die zu mahlende Substanz nebst einer Anzahl Stahlkugeln eingetragen, welche dann die Zerkleinerung bewirken. Erst bis alle Bestandtheile der Porzellanmasse vollkommen zerkleinert und geschlämmt sind, können sie gemengt werden, was ebenfalls durch Schlämmen geschieht.

Würde man jetzt das Gemenge absitzen lassen, so würde die innige Mischung aller Theile, die eben deshalb auf nassem Wege vorgenommen wird, damit sie so gründlich und innig als möglich erfolgt, verloren gehen, denn die einzelnen Theilchen besitzen ein verschiedenes specifisches Gewicht, und es würden sich die schwersten zuerst zu Boden setzen.

Man läßt daher den fertigen Schlamm nicht absitzen, sondern gießt ihn durch Siebe und entwässert ihn dann so schnell als möglich, gewöhnlich unter Anwendung von Filterpressen, in deren Kammern er zurückgehalten wird, während das Wasser abfließt. Die innere Einrichtung dieser höchst genialen Vorrichtungen

Digitized by Google

werden wir bei Besprechung der Gewinnung des Zuckers noch näher kennen lernen, da besonders in dieser Industrie die Filterpressen eine hervorragende Rolle spielen.

Die genügend entwässerte Masse wird, um ihr Bildsamkeit zu geben, noch sehr fleißig mit der Hand bearbeitet; man formt sie zu Ballen, welche man kräftig gegen eine feste Unterlage wirft, um Luftblasen zu entfernen, man formt sie auf der Scheibe zu Cylindern, die man wieder zu Ballen formt (Aufdrehen) und läßt schließlich die fertige Masse so lange als möglich, jedenfalls aber sechs bis acht Wochen in Kellern lagern, „faulen", wobei sie eine dunkle Farbe annimmt und plastischer wird.

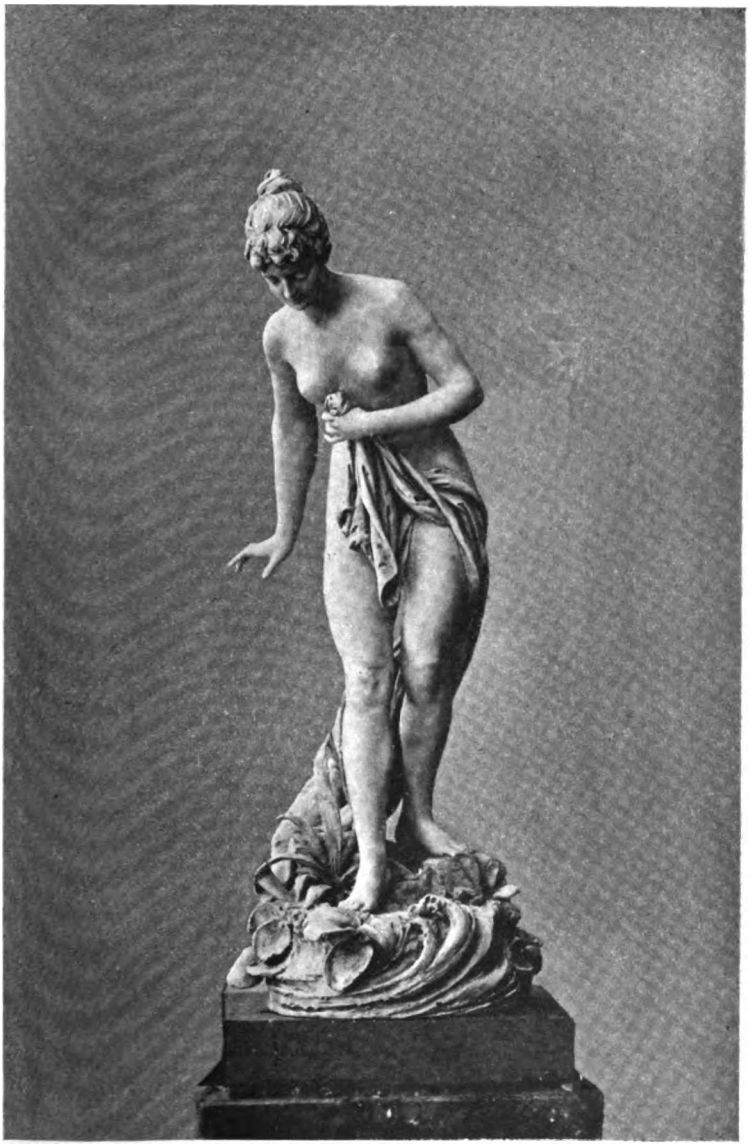
Das Formen geschieht wohl auch auf der Töpferscheibe unter Zuhilfenahme von Schablonen, häufiger aber durch Pressen oder durch Guß in Gipsformen. Endlich müssen aber die Gegenstände noch sorgfältig mit der Hand überarbeitet werden, um alle Gußnähte und Unebenheiten anderer Art zu entfernen, dann erst werden die Verzierungen, Henkel u. s. f. angesetzt.

Wenn wir aber die verschiedenartigen Gegenstände betrachten, welche große Porzellanfabriken erzeugen — die erwähnten keramischen Werke „Amphora" erzeugen beispielsweise Luxusgegenstände aus dem den Firmainhabern patentirten Elfenbeinporzellan, Büsten, Gruppen, Vasen, Krüge, Körbchen, Schalen, Palmentöpfe, Nippsachen, Säulen, feine Kaffee- und Dessertservice, Blumen, Phantasieartikel u. s. w. — so müssen wir unwillkürlich auf den Gedanken kommen, daß wir es hier weniger mit einer Industrie, als vielmehr mit einem Kunsthandwerke im besten Sinne des Wortes zu thun haben. Erst die Hand des Künstlers verleiht all den hunderterlei Erzeugnissen aus Porzellan den letzten Schliff, viele Gegenstände können überhaupt nur aus freier Hand geformt werden, und die höchste Vollendung wird erst durch die Bemalung, durch die edle Kunst der Porzellanmalerei erreicht. So sind die an vielen Porzellangegenständen angebrachten Blumen in naturgetreuer Nachbildung wahre Meisterwerke, und gerade die feinsten Porzellangegenstände zeichnen sich dadurch aus, daß selbst die kleinsten und nebensächlichsten Details mit derselben Sorgfalt gebildet werden wie das Hauptstück selbst.

Allerdings werden dabei auch gewisse Kunstgriffe angewendet. So ist man wohl im Stande, Spitzengewebe aus Porzellanmasse nachzubilden, doch ist dies eine sehr umständliche und zeitraubende Arbeit. Man schlägt daher auch den Weg ein, daß man ein entsprechend zugeschnittenes Stück Spitzengewebe in sehr dünnflüssige Porzellanmasse eintaucht und an der betreffenden Stelle der Figur befestigt.

Blumen werden zunächst aus Stoff geschnitten und zusammengesetzt und ebenfalls in Porzellanmasse getaucht u. s. f. Trotz solcher und ähnlicher Behelfe haben wir es aber stets mit künstlerisch vollendeten Gegenständen zu thun, denn neben der Ausführung ist es doch immer der künstlerische Vorwurf, der einer Porzellanfabrik zu Ruf und Ansehen verhilft. Wie weit man es aber in der

Digitized by Google



Figur aus Elfenbeinporzellan.
Nach dem Originale, ausgeführt von den keramischen Werken „Amphora", Rießner, Stellmacher & Kessel in Turn-Teplitz (Böhmen).

Digitized by Google

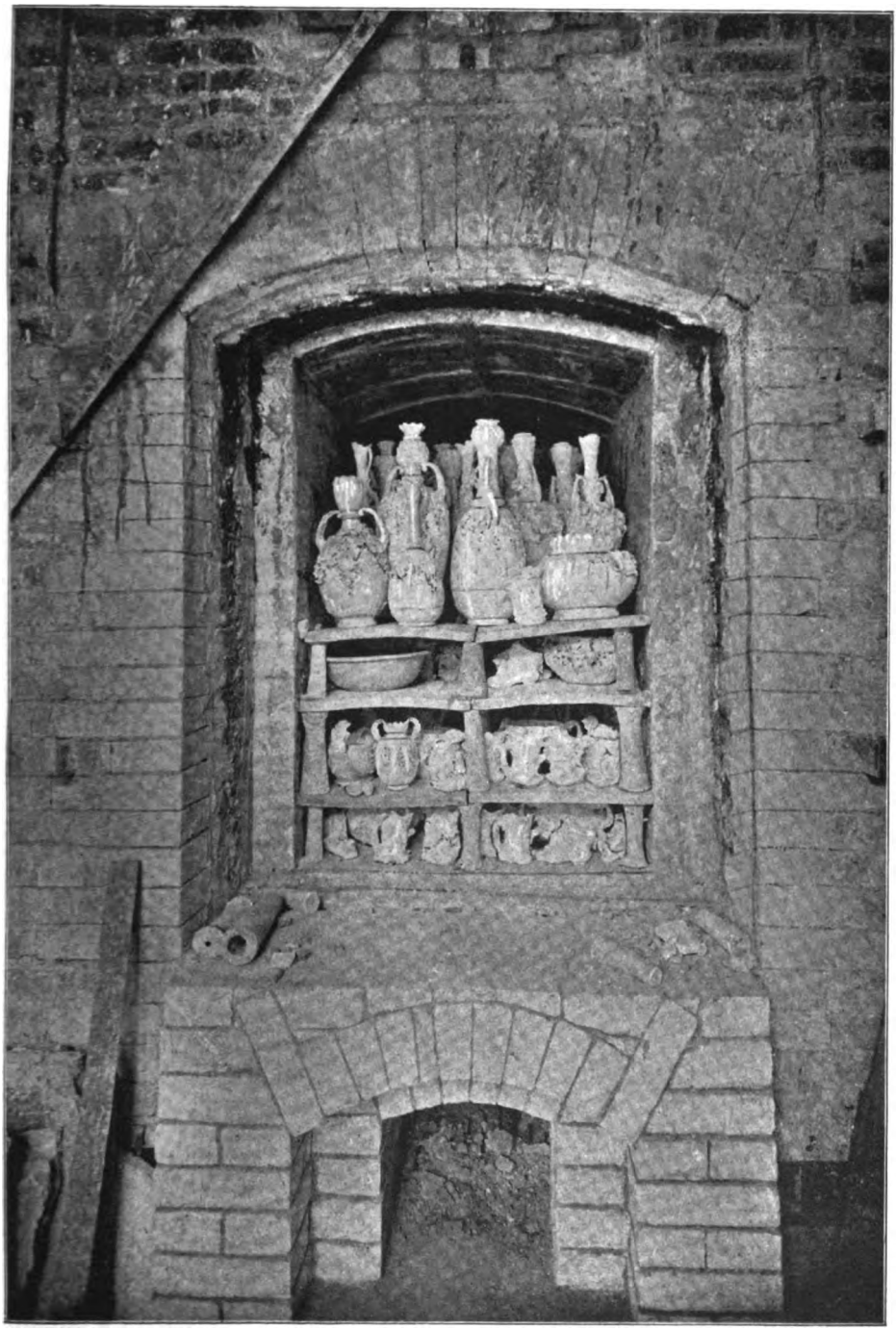
Behandlung und Formung der eigentlich widerspenstigen Porzellanmasse gebracht hat, beweisen die Erzeugnisse der genannten Firma Rießner, Stellmacher & Kessel, Turn-Teplitz, von denen wir einzelne naturgetreue Wiedergaben (nach Photographien) dem liebenswürdigen Entgegenkommen der genannten Firmainhaber verdanken.

Porzellanvasen.

Nach Originalen der keramischen Werke „Amphora".

Das Trocknen der aus der Porzellanmasse geformten Gegenstände nimmt man fast immer bei gewöhnlicher Zimmertemperatur vor, um ein gleichförmiges Schwinden zu erzielen, und während der wärmeren Jahreszeit vermeidet man die Anwendung geheizter Räume vollständig. Dann werden die vollkommen lufttrockenen Objecte in den Verglühofen gebracht — gewöhnlich ist dies der oberste, kühlste Raum des Porzellanofens — in welchem sie so weit erhitzt werden, daß das Kaolin das chemisch gebundene Wasser verliert, und endlich mit der Glasur ver-

Digitized by Google



Muffel für Farbenbrand.

(Aus den keramischen Werken „Amphora" von Rießner, Stellmacher & Kessel in Turn-Teplitz, Böhmen.)

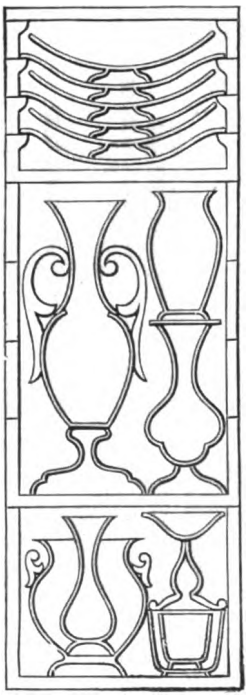
Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

Digitized by Google

sehen. Nur im verglühten Zustande besitzt die Porzellanmasse genügende Porosität, um die Glasur mit der erforderlichen Schnelligkeit an sich zu ziehen.

Das Glasiren wird in der Weise ausgeführt, daß man die zu glasirenden Gegenstände in die Glasurmasse eintaucht. Schon bei dieser Operation kann auf den Schmuck der Gegenstände Rücksicht genommen werden, indem man jene Stellen, welche nicht glasirt oder mit andersfarbiger Glasur überzogen werden sollen, mit einer Mischung aus Talg und Wachs versieht, an welcher die Glasur nicht haftet. Der gleiche Zweck kann aber auch durch Aufkleben von Papier, in welchem die Zeichnung ausgeschnitten ist, erreicht werden. Die glasirten Gegenstände kommen dann abermals in den Ofen, um den Glatt- oder Gutbrand durchzumachen, welcher bei sehr hoher Temperatur, bei Weißglut ausgeführt wird.



Chamottekapseln.

Sowohl das Verglühen, als auch das Gutbrennen der Porzellanwaaren wird in Chamottekapseln vorgenommen. Es hat dies den Zweck, die Einwirkung der Feuergase auf das Porzellan hintanzuhalten, denn nur dann ist man im Stande, ein fehlerfreies, rein weißes Porzellan herzustellen. Die Chamottekapseln besitzen die Form von rechteckigen, runden oder ovalen Schachteln und sind mit einem gut schließenden Deckel versehen. Um den verfügbaren Ofenraum nach Möglichkeit auszunützen, werden sie im Ofen aufeinander gesetzt, wobei zwischen den einzelnen Kapseln nur so große Zwischenräume gelassen werden, daß die Feuergase durchzuziehen vermögen.

Die Chamottekapseln werden aus einem Gemische von Thon und Chamotte, dem Chamottemörtel, erzeugt und müssen vor der Verwendung gebrannt werden. Da die Kapseln mehrere Brände überdauern sollen, so erfordert ihre Herstellung besondere Sorgfalt. Die Chamotte, welche dem Thon zugesetzt wird, ist, wie wir wissen, gebrannter, feuerfester Thon und besitzt eine bedeutende Härte. Vor der Herstellung der Masse müssen diese sehr harten Stücke zerkleinert und in ein feines Mehl verwandelt werden, dazu dienen verschiedene Vorrichtungen, wie Walzmühlen, Koller- oder Kugelmühlen und endlich Stampfwerke. Den Stampfwerken (siehe die Abbildung Seite 386) werden die gröblich zerkleinerten Scherben bei a aufgegeben, sie gelangen unter eine eiserne Stampfe b, welche durch einen auf der rotirenden Welle c angebrachten Hebedaumen d gehoben wird, worauf sie herabfällt. Das Material passirt dann noch zwei oder drei weitere Stampfen und verläßt endlich gut zerkleinert bei f die Vorrichtung.

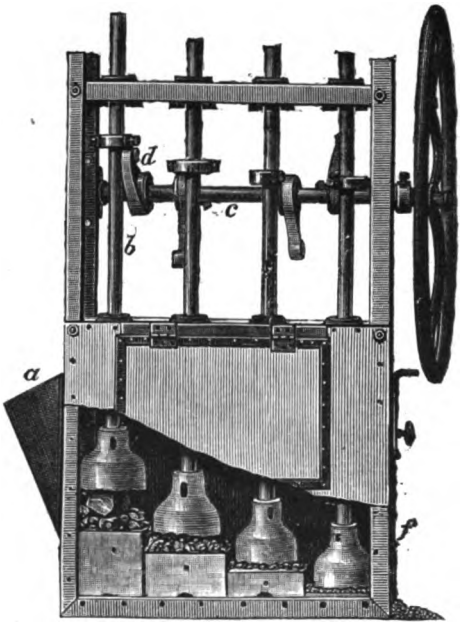
Die Herstellung der Kapseln geschieht entweder auf besonderen Tischen mit der Hand unter Verwendung von Formen, oder aber sie werden gepreßt, wodurch besonders gute und feste Kapseln erhalten werden. Bei diesen Pressen wird durch



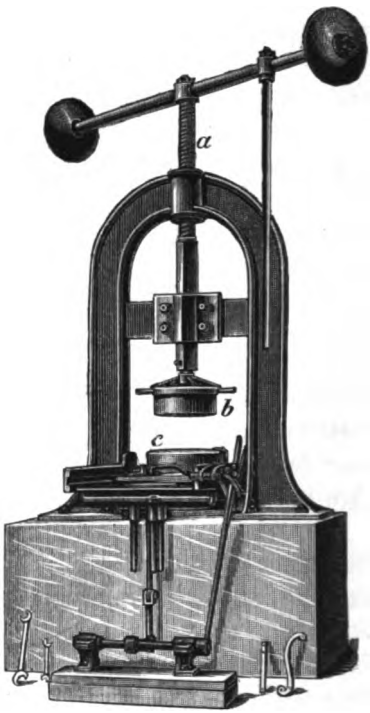
Digitized by Google

die Drehung der Spindel a der Stempel b mit großer Gewalt in die Matrize c, in welcher sich die Chamottemasse befindet, gedrückt. Die Masse füllt dabei den Raum zwischen Stempel und Matrize aus, nimmt die Form der Kapsel an, und wird dann ausgehoben und nach dem Trockenraume befördert.

Das Porzellan erleidet nicht nur durch das Trocknen eine Schwindung, wie man sie bei allen Thonwaaren beobachten kann, sondern es findet auch noch während des Glattbrandes eine Verminderung des Volumens statt, welche sehr bedeutend ist und 7 bis 17, in der Mehrzahl der Fälle 13% beträgt. Auf diese



Stampfwerk.



Kapselpresse.

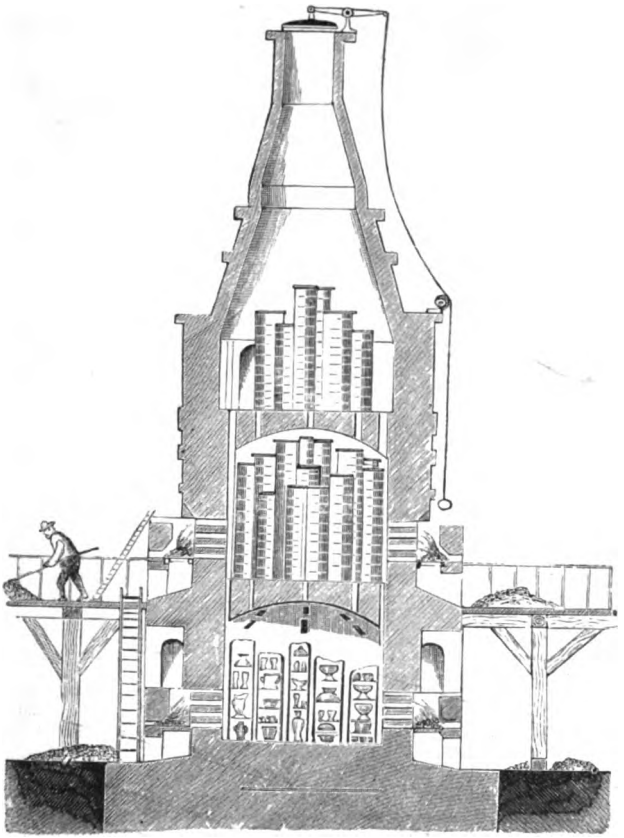
Schwindung ist natürlich bei der Anfertigung der Gegenstände Rücksicht zu nehmen, indem man diese entsprechend größer ausführt.

Die Porzellanöfen besitzen eine hohe, thurmförmige Gestalt, und bestehen aus zwei oder drei übereinander liegenden Räumen. Der unterste, in welchem die höchste Temperatur herrscht, wird zum Gutbrennen, die mittlere Abtheilung zum Verglühen der Gegenstände und die oberste endlich zum Verglühen der Chamottekapseln verwendet.

Ist der Glattbrand beendet, so müssen die Gegenstände langsam auskühlen, ehe sie aus dem Ofen genommen werden können. Aber auch bei der sorgfältigsten Leitung des Brandes sind die gargebrannten Gegenstände durchaus nicht alle

Digitized by Google

von tadelloser Beschaffenheit; es sind vielmehr in der Regel nur verhältnismäßig wenige Stücke, welche als fehlerlos, als Waare erster Qualität bezeichnet werden können. Jene Objecte, welche während des Brandes ungleichmäßig geschwunden sind und sich verzogen haben, bilden den Ausschuß, solche, welche nur mit kleinen Fehlern behaftet sind, welche eventuell übermalt werden können, sind Mittelgut, und nur vollkommen fehlerfreie, weiße Stücke können als Feingut bezeichnet werden. Je mehr auf das Renommée einer Porzellanfabrik gesehen wird, desto sorgfältiger wird man in der Sortirung vorgehen, und man wird sich eher entschließen, ein Stück zum Ausschusse oder zum Mittelgute zu verweisen, als es als Feingut auf den Markt zu bringen. Dies, und überhaupt die Umständlichkeit der Herstellung seiner Porzellangegenstände rechtfertigt vollkommen den hohen Preis, der für tadellose Waare gefordert werden muß.



Porzellanofen. (Durchschnitt.)

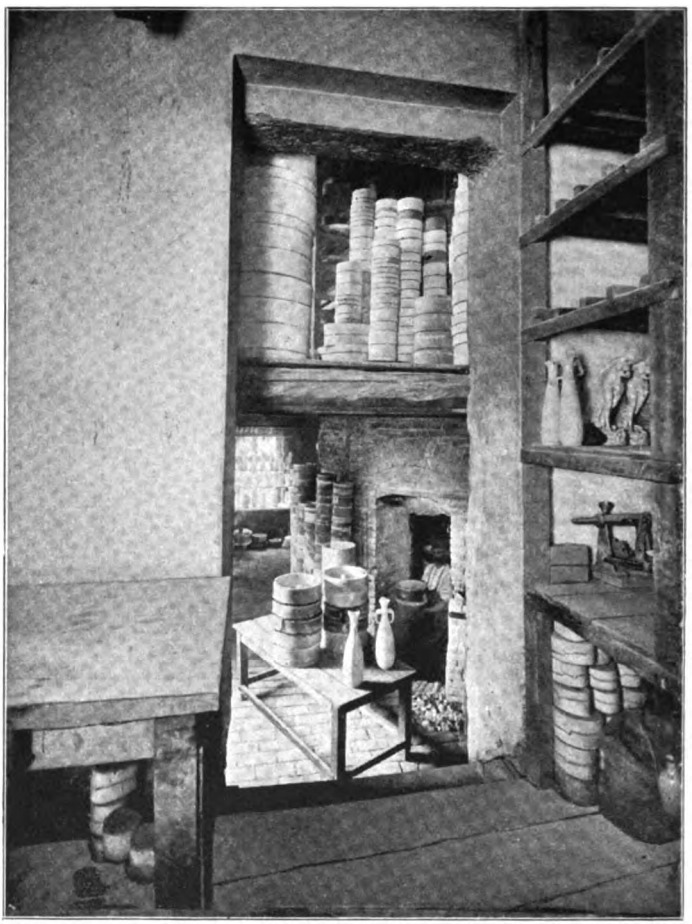
Zur Verzierung und künstlerischen Vollendung werden die glasirten, aus dem Glattbrande kommenden Porzellangegenstände noch bemalt, und ist die Porzellanmalerei heute ein besonderer Zweig der Kunstindustrie geworden. Als Farben dienen verschiedene Metalloxyde, welche mit einem bleihaltigen Glase versetzt und in ein zartes Pulver verwandelt werden. Dieses wird mit einem Oel, gewöhnlich sehr dickem Terpentinöl angerieben und als Farbe verwendet. Die Farben werden dann in der Muffel eingebrannt, gewöhnlich kann dies jedoch nicht in einer Operation erfolgen, sondern es sind mehrere Brände nöthig, um die Farben innig und dauerhaft mit der Glasur zu verbinden.

Die Vergoldung von Porzellangegenständen wird mit echtem Gold vorgenommen, welches man in Königswasser löst, und dann durch Zusatz von Eisen-



Digitized by Google

vitriol in Form eines matten braunen, äußerst zarten Pulvers ausfällt. Dieses wird dann mit einem Flußmittel verrieben, mit Oel zur Farbe angemacht und mit einem Pinsel aufgetragen. Nach dem Brande ist es jedoch noch immer matt und muß zunächst noch polirt werden, um Glanz zu erhalten. Das sogenannte



Brennofen.
Aus den keramischen Werken „Amphora", Rießner, Stellmacher & Kessel in Turn-Teplitz (Böhmen).

„Glanzgold" gestattet es jedoch, sofort Vergoldungen mit glänzender Oberfläche auf Porzellan zu erzeugen.

Dank seiner zahlreichen trefflichen Eigenschaften ist das Porzellan, außer zur Anfertigung von Kunstgegenständen, auch zur Herstellung zahlreicher anderer Objecte geeignet. So bedient sich der Chemiker aus Porzellan verfertigter Schalen und Tiegel, große Fabriken befassen sich mit der Anfertigung künstlicher Zähne

Digitized by Google

aus Porzellanmasse, die natürlichen Zähnen bis ins kleinste Detail nachgebildet sind, und zu Millionen werden Knöpfe aller Sorten aus Porzellanmasse hergestellt.

Die Fabrikation der Porzellanknöpfe, dieser unscheinbaren, aber doch unentbehrlichen Gebrauchsgegenstände, verdient aber gerade aus dem Grunde wenigstens flüchtig besprochen zu werden, da wir es hier — im Gegensatze zu den anderen Erzeugnissen der Porzellanmanufacturen, die alle mehr oder weniger Stückarbeit sind — mit einem Massenartikel zu thun haben. Die Herstellung eines solchen ist aber begreiflicherweise nur unter Zuhilfenahme von Maschinen möglich, und in der That ist in jenen Fabriken, welche Porzellanknöpfe erzeugen, die Handarbeit nur auf jene Verrichtungen beschränkt, welche die Maschine nicht zu besorgen vermag.

Zur Herstellung der Porzellanknöpfe benützt man eine harte, sehr feldspathreiche Masse. Diese wird zunächst über eine Metallplatte gestrichen, in welcher sich viele hunderte, der Form der anzufertigenden Knöpfe entsprechende Vertiefungen befinden. Sind diese Vertiefungen mit Porzellanmasse ausgefüllt, so senkt sich eine zweite, mit den Vertiefungen entsprechenden Erhöhungen versehene Platte auf die erste herab und preßt die einzelnen Porzellanklümpchen kräftig zusammen. Eine dritte Platte, welche mit kurzen Stiften ausgerüstet ist, sticht endlich die Löcher in die Knöpfe, oder versieht sie mit einer kleinen Höhlung, in welche später die Metallösen eingefügt werden.

Nun können die Knöpfe gebrannt werden. Ueber die Matrize wird ein mit Papier überzogener Rahmen gelegt; kehrt man nun die Matrize um und wird sie abgehoben, so liegen die Knöpfe in Reih und Glied auf dem Papiere und werden auf diesem zum Ofen gebracht. Hier nimmt sie ein Arbeiter in Empfang und legt das Papier sammt den darauf befindlichen Knöpfen auf eine glühende Platte, die in den Ofen kommt. Das Papier verbrennt sofort und die Knöpfe selbst sind in wenigen Minuten „gebacken“. Die Platte wird jetzt herausgezogen und entleert, worauf sofort ein weiterer, mit Knöpfen belegter Bogen aufgetragen wird u. s. f.

Die fertigen Knöpfe werden nun entweder sogleich auf Karten geheftet, oder sie unterliegen noch einer weiteren Behandlung, die in einer Verzierung oder im Einfügen der Metallöse besteht. So weit als möglich werden auch diese Arbeiten unter Zuhilfenahme von Maschinen ausgeführt. Handelt es sich beispielsweise darum, die einzelnen Knöpfe mit einem farbigen Kreise zu versehen, so wird jeder Knopf auf einem rotirenden Stifte befestigt; durch leises Andrücken eines in Farbe getauchten Pinsels entsteht dann ein vollkommen regelmäßiger Kreis, andere Verzierungen, Muster u. dgl. werden aufgedruckt, worauf dann die Knöpfe nochmals in den Ofen kommen.

Die Metallösen werden in den Knöpfen mit Hilfe einer Legirung befestigt. Man bringt die Knöpfe wieder in die Vertiefungen einer Platte, versieht jede Oeffnung mit einem Körnchen Loth und senkt dann die ebenfalls im Rahmen liegenden Oesen darauf, wonach das Loth zum Schmelzen gebracht wird. Endlich unterzieht man die fertige Waare noch einer Sortirung, um den Ausschuß zu entfernen, und dutzendweise auf Karten geheftet, tritt sie dann die Reise in alle

Digitized by Google

Weltgegenden an. Ein kleines, unscheinbares Ding ist solch ein Porzellanknopf — und doch welche Summe geistiger Arbeit war erforderlich, um all die vielen Vorrichtungen zu ersinnen, die zu seiner Herstellung erforderlich sind und die es ermöglichen, in den großen Knopffabriken, wie sie zu Aachen und im Badischen, ferner in Frankreich bestehen, täglich viele Tausende, einer so fehlerfrei und ebenmäßig wie der andere, anzufertigen. — — —

Die Keramik ist, wie wir gesehen haben, ein hochinteressantes Gebiet, das schon deshalb unser Interesse herausfordert, da es die Herstellung zahlloser Gebrauchs- und Luxusgegenstände, deren wir uns Tag für Tag bedienen, zur Aufgabe hat, und da die Entwickelung dieser Industrie auch culturgeschichtlich bemerkenswerth ist. Eine chemische Industrie im eigentlichen Sinne des Wortes ist die Keramik allerdings nicht. Doch hat sie den bedeutenden Aufschwung, welcher in den letzten Jahrzehnten zu verzeichnen war, erst genommen, seitdem die Chemie zu Rathe gezogen wurde, und die chemischen Vorgänge, welche sich während des Brennens abspielen, aufklärte. Dadurch wurde dann der Weg gegeben, manche Verbesserung anzubringen und einzuführen, man wurde von der natürlichen Beschaffenheit der Thone unabhängiger, da die chemische Analyse es gestattet, aus ihrer Zusammensetzung die nöthigen Zuschläge abzuleiten u. s. f. Die größte Förderung hat aber die Thonwaarenindustrie durch die Chemie bezüglich der Decoration, der Bemalung der keramischen Objecte erhalten, indem sie die Anbringung zahlreicher neuer Farbentöne und Decorationsmethoden lehrte.

So sehen wir, daß die moderne Chemie nicht allein neue Industrien geschaffen hat, daß sie vielmehr auch befruchtend einwirken konnte auf solche Gewerbe, die schon seit Jahrtausenden, vielleicht so lange als es überhaupt Menschen giebt, geübt wurden.

Digitized by Google

# Die Glasfabrikation.

Wohl kaum ein zweites Erzeugnis eines auf chemischer Grundlage beruhenden Gewerbes war für die culturelle Entwickelung des Menschengeschlechtes von solcher Bedeutung wie das Glas, wenn wir von der Gewinnung und Verarbeitung der Metalle, vor allem des Eisens absehen. Kein anderer Körper verbindet in ebenso ausgezeichneter Weise die beiden Eigenschaften der Durchsichtigkeit und Festigkeit, und gestattet, ihm theils schon bei der Erzeugung, theils durch weitere Bearbeitung die verschiedensten Formen und Eigenschaften zu ertheilen. Im täglichen Leben spielt das Glas deshalb auch eine höchst bedeutungsvolle und wichtige Rolle, nicht minder groß ist aber sein Einfluß, welchen es auf die Entwickelung fast aller Zweige der Naturwissenschaft genommen hat. Ohne den Besitz der widerstandsfähigen und durchsichtigen Glasgefäße hätte die Chemie niemals jene Stufe erreichen können, welche sie heute einnimmt, der Astronomie wäre die Erforschung des Weltraumes, der Physik die Ergründung zahlreicher Naturgesetze unmöglich gewesen, überhaupt würde unsere Kenntnis der Naturgesetze manche und empfindliche Lücken aufweisen.

Diese große Bedeutung, welche das Glas besitzt, wäre allein schon ausreichend, um seine Besprechung in diesem Buche zu rechtfertigen. Dazu kommt aber noch, daß die Fabrikation des Glases, oder richtiger der Gläser nicht nur eine Operation ist, deren Einzelheiten ungemein interessant sind, sondern daß sie, in gleicher Weise wie die Keramik, zu einer Kunstindustrie ausgebildet wurde, und dadurch auch in kunstgeschichtlicher Beziehung unser Interesse beansprucht.

Die nächstliegende Frage aber, welche wir uns vorzulegen haben, lautet: Was ist „Glas“? Und darauf müssen wir antworten, daß wir es hier ebenso wie bei den keramischen Erzeugnissen mit Verbindungen der Kieselsäure zu thun haben. Während aber in den Thonwaaren die Kieselsäure uns in Verbindung mit

Digitized by Google

der Thonerde entgegentritt, haben wir es in der Glasmasse vorzugsweise mit Verbindungen zu thun, in welchen die Kieselsäure an zwei Basen, deren eine ein Alkali ist, gebunden erscheint. Als wesentliche Bestandtheile sind demnach außer Kieselsäure ein Alkali (Kali oder Natron) und Kalk oder Bleioxyd, zuweilen auch Thonerde zu betrachten. Doch wird in manchen Gläsern die Kieselsäure theilweise durch Borsäure oder Fluor vertreten, und neben den genannten Basen kommen auch Baryt, Wismuthoxyd, Zinkoxyd, Thalliumoxyd, dann verschiedene zufällige Beimengungen, wie Magnesia-, Eisen- und Manganoxyde ꝛc. vor. In den gefärbten Gläsern endlich wird die Färbung durch Zusatz verschiedener Verbindungen anderer Metalle hervorgerufen.

Nach dieser Darlegung wäre es jedoch falsch, das Glas als eine chemische Verbindung von constanter Zusammensetzung zu betrachten. Es ist vielmehr nichts anderes als ein Gemenge, in dem allerdings kieselsaure Salze die Hauptrolle spielen. Diese besitzen aber bei höherer Temperatur, also im geschmolzenen Zustande, die Fähigkeit, sowohl weitere Mengen Kieselsäure, als auch Basen aufzulösen, und in dieser Hinsicht können wir das Glas schließlich als eine erstarrte Lösung von Kieselsäure und Basen in kieselsauren Salzen auffassen. Um die Definition des Begriffes „Glas“ vollständig zu machen, müssen wir jedoch auch die physikalischen Eigenschaften des Glases in Betracht ziehen, denn wir kennen zahlreiche Verbindungen der Kieselsäure mit mehr als einer Base, welche wir deshalb noch lange nicht als Glas bezeichnen würden, da sie eben ganz andere physikalische Eigenschaften besitzen. Wir können daher den Begriff des Glases am besten definiren als jene amorphe Substanz, welche durch Zusammenschmelzen von Kalk, Sand und einem Alkalicarbonat, Alkalisulfat oder -Chlorid entsteht, welche in der Hitze dünnflüssig, in mäßiger Glühhitze zäh und bildsam, bei gewöhnlicher Temperatur aber hart und spröde und in kaltem Wasser unlöslich ist.

Je nach den Eigenschaften und der Zusammensetzung können wir verschiedene Glassorten unterscheiden. So dient das leicht schmelzbare Natronglas, welches neben Kieselsäure Natron und Kalk enthält, zur Anfertigung des gewöhnlichen Fensterglases, der weißen ordinären Flaschen und Trinkgläser, dann all der zahlreichen Geräthe, deren sich der Chemiker bedient, wie Retorten, Bechergläser, Kochkolben u. s. f. Im Kaliglas, welches beiweitem schwerer schmelzbar ist wie das Natronglas, ist an Stelle des Natrons Kali enthalten, gewöhnlich enthält es auch mehr Kieselsäure und wird als „böhmisches Glas“ bezeichnet, da sich vorzugsweise die berühmten böhmischen Glashütten mit seiner Herstellung befassen. Gegenüber dem Natronglas besitzt es den Vortheil der größeren Widerstandsfähigkeit gegen die zersetzende Einwirkung von Kohlensäure und Wasserdampf, und diesem Verhalten verdankt es auch in neuerer Zeit die Anwendung zu vielen Zwecken, zu welchen man sich früher des Natronglases bediente. Die unreinste Glassorte endlich ist das ordinäre grüne Bouteillenglas, welches neben Kieselsäure, Natron, Kali und Kalk auch Magnesia, Thonerde und Eisen enthält; diese rühren aus den zu seiner Darstellung verwendeten unreineren Sandsorten her. Die grüne

Digitized by Google

Färbung wird durch die Gegenwart von Verbindungen des Eisens mit Kieselsäure erzeugt, und zwar sind dies Verbindungen des Eisenoxyduls; Eisenoxydsalze färben das Glas dagegen dunkelbraungelb.

Außer den Kalkgläsern, also solchen, welche neben einem Alkali auch Kalk enthalten, werden ferner Bleigläser angefertigt, in welchen das Calciumoxyd durch Bleioxyd vertreten ist. Bleigläser sind durch besonders starken und lebhaften Glanz, sowie durch den hellen Klang ausgezeichnet, dagegen besitzen sie nur eine geringe Widerstandsfähigkeit gegen chemische Agentien. Das sogenannte Krystallglas, sowie jene Glassorte, welche zur Herstellung künstlicher Edelsteine dient, ist Bleiglas; in jüngster Zeit stellt man Edelsteinimitationen aber auch aus Gläsern her, in welchen das Blei ganz oder zum Theile durch das ihm nahe verwandte seltene Metall Thallium ersetzt ist, solches Glas zeichnet sich durch einen ganz besonderen Glanz und durch starkes Lichtbrechungsvermögen aus. Auch zu optischen Zwecken wird ein Bleiglas, welches ein bedeutendes Lichtbrechungsvermögen besitzt, das sogenannte Flintglas, benützt, während eine andere, den gleichen Zwecken dienende Glassorte, das Crown- oder Kronglas, als ein besonders reines und farbloses Natronglas bezeichnet werden muß. Durch geeignete Combination von Crownglas- und Flintglaslinsen hat man es zuwege gebracht, Fernrohre, Mikroskope und andere optische Instrumente herzustellen, welche vollständig achromatisch sind, d. h. welche die durch sie betrachteten Objecte wohl vergrößert und sehr scharf, jedoch ohne die sonst sehr störenden farbigen Ränder erscheinen lassen.

Bevor wir nun zur Besprechung der Fabrikation des Glases und der verschiedenen Glassorten ꝛc. übergehen, ist es wohl von allgemeinem Interesse, wenn wir uns zunächst mit der geschichtlichen Entwickelung der Glasindustrie vertraut machen. Sie ist zum mindesten ebenso anziehend und lehrreich wie jene der Keramik, und auch hier werden wir sehen, daß wir es mit einem uralten Gewerbe zu thun haben, dessen genaues Alter wohl nicht angegeben werden kann.

Plinius erzählt, daß die Entdeckung des Glases einem Zufalle zu verdanken sei. Phönikische Schiffer hätten an der sandreichen Küste des Flusses Belus in Ermangelung von Steinen Brocken natürlicher Soda, welche sie als Schiffsladung mit sich führten, zur Erbauung eines Herdes verwendet, und bemerkt, daß durch die Hitze des Feuers der Sand mit der Soda zu einer Glasmasse zusammenschmolz. Diese Wahrnehmung hätte sie dann zur Erfindung des Glases und der Kunst, es zu formen und zu bilden geführt.

Es ist dies eine Erzählung, die wie so manche andere, durch welche das Zustandekommen von Erfindungen erklärt werden soll — wir erinnern nur an die Geschichte von der Erfindung des Schießpulvers, der Buchdruckerkunst u. s. w. — in das Reich der Fabel zu verweisen ist. Denn jedenfalls bedarf es einer höheren Temperatur, als sie durch ein offenes Herdfeuer hervorgerufen werden kann, um aus kalkhaltigem Quarzsand und Soda einen Glasfluß zu erhalten. Sie lehrt uns aber, daß wir es mit einer alten Kunst zu thun haben, weil man diese Erfindung den Phönikern zuschrieb. Und als höchst wahrscheinlich

Digitized by Google

dürfen wir wohl annehmen, daß die Kunst der Glasbereitung nicht auf einmal, sondern nach und nach entstand, wie ja nur sehr selten eine Erfindung oder Entdeckung plötzlich gemacht wird, sondern sich aus einer Anzahl von Einzelbeobachtungen und daran geknüpften Folgerungen und Verbesserungen zusammensetzt. So konnte jenen Völkern, welche die Kunst verstanden, Thon zu formen und zu brennen und Erze zu verarbeiten, die Bildung von Schlacken, die ja nichts anderes sind als höchst unreine Gläser, nicht entgangen sein, man lernte dann solche Schlacken künstlich bereiten und in Formen gießen, und die erste Anwendung, welche solche gegossene Stücke, früher vielleicht auch schon ungeformte, fanden, dürfte wohl in der Verwendung als Schmuckgegenstand ihres Glanzes wegen bestanden haben.

Die ältesten Gläser, welche wir besitzen, stammen aus Aegypten und aus Phönikien. So finden sich in zahlreichen Königsgräbern Aegyptens Darstellungen der Glasbereitung, welche die mit der Glasbläserpfeife ausgerüsteten Arbeiter bei emsiger Arbeit zeigen. Wo, wann und von wem aber dieses wichtige Geräth, das erst die rationelle Verarbeitung des Glases ermöglichte, erfunden wurde, darüber enthält weder die Geschichte noch die Mythe irgend einen Anhaltspunkt.

Glasbläser.
(Nach einer altägyptischen Darstellung.)

Manche Beobachtungen der Archäologen weisen mit großer Sicherheit darauf hin, daß den Aegyptern, deren hoch entwickelte Cultur noch jetzt unser berechtigtes Staunen wachruft, die Kunst der Glaserzeugung schon vor dem Auszuge der Juden, also etwa 3500 Jahre vor unserer Zeit bekannt war, und hier dürften die Phöniker, die als Handelsvolk rege Beziehungen zu den Aegytern unterhielten, wohl auch mit dieser Kunst bekannt geworden sein, die sie dann zu hoher Blüthe brachten.

Die ägyptische Glaskunst verdient aber unsere volle Bewunderung, denn zahlreiche Funde haben erwiesen, daß den Aegyptern nicht nur die Herstellung des gewöhnlichen Hohlglases geläufig war, sondern daß sie es auch verstanden, es zu verzieren, mit andersfarbigem Glase zu überfangen und mit vertieften, ausgeschliffenen Zeichnungen zu versehen. Wie die Aegypter aber überhaupt ihre Freude am Gewaltigen und Großen hatten — dies beweisen ihre mächtigen, in den Felsen gehauenen Tempel, Gräber und Statuen, nicht zuletzt die Pyramiden — so benützten sie auch das Glas zur Anfertigung großer Objecte, sie stellten daraus Bildsäulen und Sarkophage her, fertigten Obeliske an, verstanden es aber auch, das Glas zur Anfertigung kleiner und zierlicher Schmuckgegenstände zu verwenden. Ueberhaupt waren die Aegypter und die Phöniker wahre Meister in der Glasverarbeitung, sie trieben mit ihren Glasgegenständen einen schwunghaften Handel, und das ägyptische Glas erfreute sich eines besonders guten Rufes.

Digitized by Google

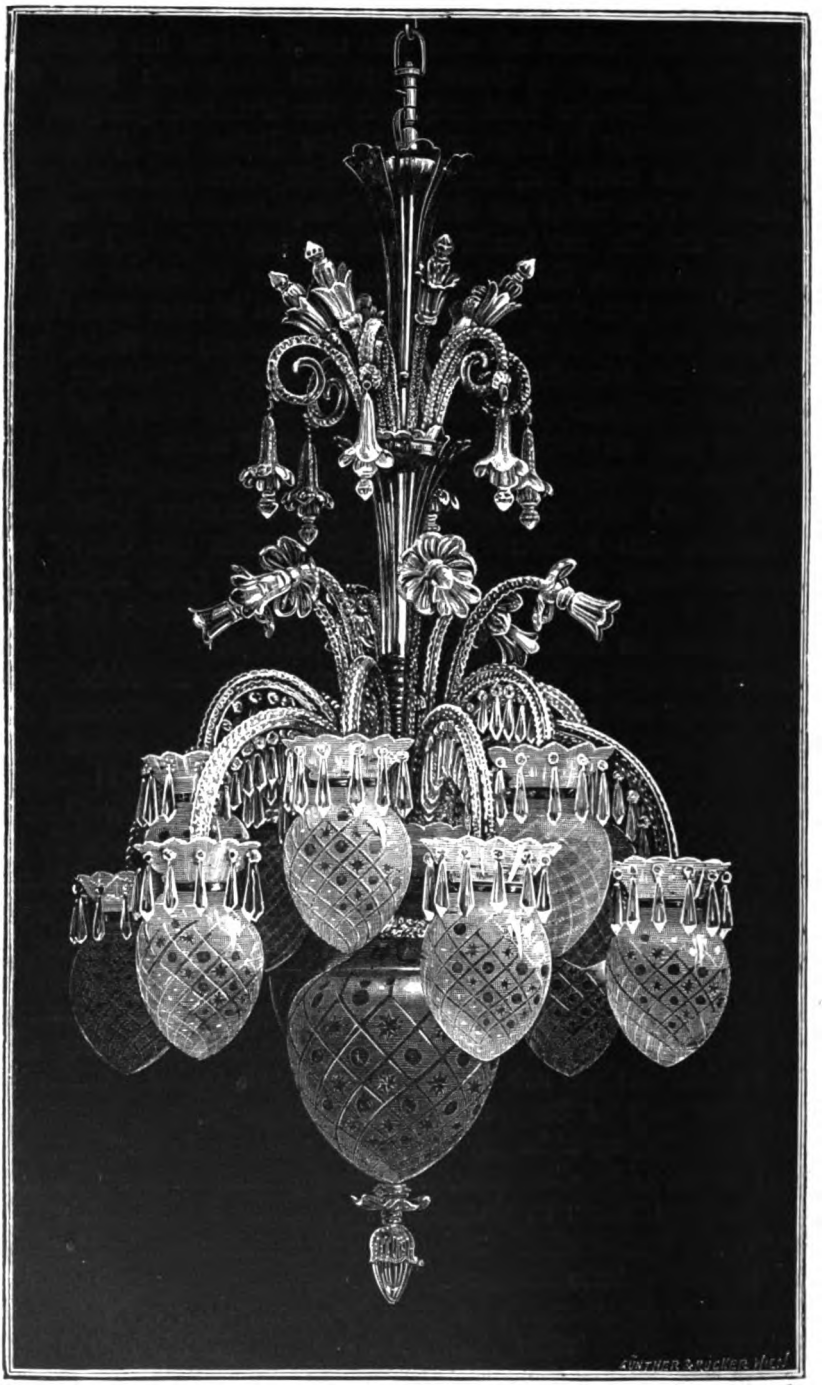
Auch nach Griechenland und nach Rom wurde zunächst nur ägyptisches und phönikisches Glas gebracht, in Italien lernte man jedoch bald, selbst Glas zu bereiten, und man erreichte darin nicht nur eine bedeutende Fertigkeit, sondern lernte auch Luxusgläser in reichen und prächtigen Farben und Zeichnungen herzustellen. Das Glas wurde aber auch zu Gebrauchszwecken verwendet. Man verfertigte daraus Tafeln, welche zur Wandverkleidung dienten und mit welchen man die Oberlichten eindeckte, und sowohl in Rom als auch in Pompeji — allerdings nur in den Häusern der Reichen und Vornehmen — verwendete man Fensterscheiben. Trotzdem war aber die antike Glasmacherei in erster Linie eine Kunstfertigkeit, welche dem Luxus diente, und sich vor allem mit der Nachahmung von Edelsteinen und der Herstellung farbiger Gläser befaßte. Darin war man auch vollkommen geübt, während gerade die Herstellung farbloser Gläser auf bedeutende Schwierigkeiten stieß, und diese daher besonders geschätzt waren.

Von Rom aus verpflanzte sich die Kunst des Glasmachens mit den zahlreichen Kriegs- und Eroberungszügen dieses kampfesfreudigen Volkes nach den anderen Ländern, und besonders wurde sie in Spanien und Gallien gepflegt. Diese Industrie jedoch, welche eine hohe Blüthe erreicht hatte, verfiel fast ganz, als die Herrschaft der Römer ihr Ende fand, und man beschränkte sich nur mehr darauf, die primitivsten Gebrauchsgegenstände anzufertigen.

Dagegen entstand zu jener Zeit eine andere Stätte, an welcher die Glasfabrikation gepflegt und gefördert wurde und bald eine solche Bedeutung erlangte, daß sie den Weltmarkt beherrschte. Es war dies Byzanz. Hier fanden sich zahlreiche Künstler und Sachkundige zusammen, die alten bewährten Vorschriften ägyptischer, phönikischer und römischer Meister wurden wieder der Vergessenheit entrissen und außerdem kam ein neuer und frischer Einschlag aus dem Orient, wo die Araber es zu großer Meisterschaft in der Kunst der Glasverarbeitung und Glasverzierung gebracht hatten. Mehr als ein halbes Jahrtausend waren die Glasgegenstände aus Byzanz weltberühmt, und auf uns überkommene Stücke erfreuen uns durch die gefällige, an die beste Zeit der Antike gemahnende Form, die mit orientalischer Phantasie ausgeführte Schmückung und die reiche Farbenpracht. Als jedoch die letzte Stunde des oströmischen Reiches schlug, war auch die Glasindustrie dem Verfalle und dem Niedergange preisgegeben. Glücklicherweise gerieth sie aber nicht in Vergessenheit, wenn auch die Feuer in den zahlreichen Glasöfen, die in Byzanz bestanden, erloschen, um nicht mehr entfacht zu werden.

Viele byzantinische Glasmacher wanderten nämlich aus und wurden in Venedig mit offenen Armen aufgenommen. Hier bestand schon seit längerer Zeit ein Hauptsitz der Glasindustrie, die byzantinischen Meister brachten jedoch neue Techniken, so unter anderen die Herstellung der Glasmosaiken mit, und dies, wie verschiedene Erfindungen, welche in Venedig gemacht wurden, bewirkten, daß die venetianischen Glasfabrikate einen Weltruf erlangten, wie es wohl nirgend sonst der Fall war. Man suchte der altehrwürdigen Lagunenstadt auch dadurch das Monopol in der Erzeugung von Glaskunstgegenständen zu sichern, daß man den

Digitized by Google



Luster für Glühlampen. (Murano.)

Digitized by Google

Verrath des Geheimnisses ihrer Anfertigung mit den schwersten Strafen ahndete, und dies war auch lange Zeit der Grund, daß die venezianische Glasindustrie ohne Concurrenz dastand.

Dieses Aufblühen der Glasindustrie in Venedig bedingte aber auch die Errichtung zahlreicher Glashütten. Da der von ihnen erzeugte Rauch jedoch den Aufenthalt in der ohnedies räumlich beschränkten Stadt durchaus nicht angenehmer machte, und überdies die Feuersgefahr wuchs, welche besonders in Venedig mit seinen nur vom Wasser aus zugänglichen Häusern, schmalen Canälen und zahlreichen Brücken und Stiegen zu schweren Befürchtungen Anlaß gab, entschloß man sich im Jahre 1291, der Glasindustrie die nahe bei Venedig gelegene Insel Murano als Sitz anzuweisen, wo sie auch heute noch in hoher Blüthe steht. Wohl kein Fremder, der Venedig besucht, unterläßt es, diese hochinteressante Stätte zu besuchen und zuzusehen, mit welcher Geschicklichkeit und Kunstfertigkeit dort aus dem so spröden Körper, dem Glase, die zierlichsten Gegenstände, die das Auge ebenso sehr durch ihre Formenschönheit, wie durch die geschmackvolle Zusammenstellung der Farben erfreuen, angefertigt werden.

Eine eigenthümliche Specialität der venetianischen Glasindustrie war und ist noch heute die Anfertigung der Glasmosaiken. Es sind dies höchst kunstvolle Bildwerke, welche ganz aus kleinen, farbigen Glasstückchen zusammengefügt sind. Die eigentliche Heimat dieser Kunst war Byzanz, von dort wurde sie nach Venedig verpflanzt und hier gepflegt und zur höchsten Blüthe entwickelt. Sowohl das Aeußere wie auch das Innere der weltberühmten Marcuskirche ist bedeckt mit solchen Glasmosaiken, die nicht nur das Auge erfreuen, sondern sich auch durch ihre Wetterbeständigkeit auszeichnen.

Venedig war Jahrhunderte hindurch der Ort, an welchem die Glasmacherkunst in der höchsten Vollendung betrieben wurde, und von welchem aus sich ein schwunghafter Handel mit Glaswaaren entwickelt hatte. Man wußte aber den Werth dieser Industrie in Venedig auch gebührend zu schätzen, verlieh den Muraneser Glaskünstlern weitgehende Privilegien und eine eigene Gerichtsbarkeit, war aber auch ebenso eifrig bestrebt, einen Verrath der Geheimnisse, eine Verschleppung dieser Industrie in andere Länder zu verhüten. War ein Glasmacher entflohen und stand er im Verdachte, anderwärts seine Kunst ausüben zu wollen, so wurden seine Angehörigen eingekerkert und er selbst zur schleunigen Rückkehr aufgefordert. War auch dies wirkungslos, so säumte die Republik nicht, dem Abtrünnigen gedungene Mörder nachzusenden, um seinem Leben ein Ende zu machen. Trotzdem wurden, wenn auch nur sehr langsam, die in Venedig geübten Verfahren auch in anderen Ländern bekannt, und dies ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, daß zahlreiche Venetianer ihre Inselstadt verließen, um in den Alpenländern nach Gold und werthvollen Erzen zu suchen. Diese „Venediger" spielten einst in der Entwickelung des Bergbaues in den Alpenländern eine große Rolle, sie verstanden es, sich mit einem Nimbus zu umgeben, so daß viele derselben als Zauberer und der schwarzen Kunst Kundige angesehen wurden. Solche

Digitized by Google

„Venediger" dürften es aber auch gewesen sein, welche manches Geheimnis der Glasfabrikation bekannt machten, und aller Wahrscheinlichkeit dürfte die Glasindustrie, welche sich schon frühzeitig im Fichtelgebirge entwickelte, und besonders in der Herstellung von Schmelz und Perlen Schönes leistete, durch ausgewanderte Venezianer ins Leben gerufen worden sein.

Die Zeit der höchsten Blüthe der venetianischen Glasindustrie fiel in das 16. und 17. Jahrhundert. Damals zählte Murano mehr als 30.000 Einwohner, welche fast ausnahmslos durch die Glaserzeugung ihren Lebensunterhalt fanden, über vierzig große Glasfabriken standen in voller Thätigkeit, und aus allen Ländern kamen Reiche und Vornehme, um dieses Weltwunder zu besichtigen und um Einkäufe zu machen.

Als jedoch der einst so hell leuchtende Stern Venedigs zu verblassen begann, als die Macht der Beherrscherin der Meere gebrochen wurde und unglückliche Kriege wie innere Wirren ihrem Ansehen ein Ende bereiteten, da begann auch die so hoch entwickelte Glasindustrie zu verfallen. Inzwischen waren aber in anderen Ländern, besonders in Böhmen, Steiermark und Kärnten, zahlreiche Glashütten entstanden, die ebenfalls hervorragende Erzeugnisse auf den Markt brachten, und so kam es, daß die einst so blühende Industrie auf Murano fast ganz in Vergessenheit gerieth und alle Bedeutung verlor. Zu Beginn dieses Jahrhundertes hatte sie wohl den tiefsten Stand erreicht. Die zahlreichen Glasöfen waren erkaltet, der Kunstsinn verloren gegangen, und wären nicht die farbenprächtigen Mosaiken in Venedig selbst und an anderen Orten, wie auch andere Erzeugnisse Muranos stumme, aber beredte Zeugen gewesen, so hätte sich wohl kaum die Erinnerung an die einstige Bedeutung und Größe dieser Industrie erhalten.

Erst zu Beginn der zweiten Hälfte dieses Jahrhundertes trat wieder eine Wendung zum Besseren, ein erfreulicher Aufschwung ein, und dieser war dem thatkräftigen Eingreifen und dem Unternehmungsgeiste eines venetianischen Advocaten, Dr. Salviati, zu verdanken. Ausgerüstet mit genügenden chemischen und kunstgeschichtlichen Kenntnissen, ging er daran, die in Vergessenheit gerathenen Recepte und Vorschriften aus alten Urkunden hervorzusuchen und zu neuem Leben zu erwecken. Er stellte nach alten Vorbildern und unter Anlehnung an die besten Werke vergangener Tage neue Erzeugnisse her, welche auf zahlreichen Ausstellungen die ungetheilte Bewunderung aller Kenner erweckten, und so gelang es ihm, das Interesse für die alte venetianische Glaskunst wieder wach zu rufen. Und heute nimmt die venetianische Glasindustrie wieder eine sehr geachtete und ihrer eigenthümlichen Erzeugnisse wegen einzige Stelle ein, wenn sie auch lange noch nicht jene Ausdehnung und jenen Umfang erlangt hat wie in den Tagen des Dogen Dandalo . . .

In Deutschland wurde, wie erwähnt, die Glasindustrie durch venetianische Arbeiter, wenn auch nicht eingeführt, so doch zu höherer Vollkommenheit gebracht, denn daß man in Deutschland auch schon früher Glas zu verfertigen verstand, geht wohl unzweifelhaft daraus hervor, daß sich das Glas bei den Germanen

Digitized by Google

und Galliern einer solchen Werthschätzung erfreute, daß es in den Göttersagen und Heldengesängen erwähnt wird. Wir brauchen, um dies zu erhärten, bloß an die sowohl in der Edda als auch in deutschen Mythen vorkommende Erzählung vom Glasberge und vom gläsernen Himmel zu erinnern. Auch im Todtencult spielte das Glas eine Rolle, und zahlreiche Glasgegenstände wurden in Gräbern aufgefunden.

Wenn nun auch die Kunst der Venetianer dieser Industrie einen neuen Einschlag gab, so klammerte sie sich doch durchaus nicht an die Vorbilder Muranos. Vielmehr begann sehr bald eine selbstständige Entwickelung, die in ihrer Art Ausgezeichnetes hervorbrachte, und eine ganz neue Richtung der Glasverarbeitung und Verzierung schuf. Gerade aber der Umstand, daß die Glaserzeugung nicht wie in Murano an einem Punkte centralisirt war, sondern daß sich Glashütten über ganz Deutschland verstreut fanden, und diese dort angelegt wurden, wo gute Rohmaterialien und vor allem Holzreichthum zu finden waren, brachte es mit sich, daß fast jede bedeutendere Glashütte ihre Specialitäten hatte, die sie erzeugte und daraus reichen Gewinn zog. Natürlich war dies nicht bei allen Glashütten der Fall, aber an einzelnen Punkten, so besonders in Böhmen und Thüringen, entfaltete sich die Glasindustrie zur schönsten Blüthe.

Man beschränkte sich jedoch nicht allein auf die Erzeugung eines farblosen und fehlerfreien Glases, wie des böhmischen Krystallglases, sondern verstand es auch, dieses durch Schleifen und Graviren in mannigfaltiger Weise zu verzieren und dadurch eine neue Richtung der Glaskunst und Glastechnik zu schaffen.

Auch Frankreich und England erfreute sich schon früh einer hochentwickelten Glasfabrikation, besonders die Spiegelfabrikation wurde in Frankreich auf eine hohe Stufe gebracht.

Interessant ist es, daß man, obgleich, wie wir wissen, die Kunst der Glasfabrikation schon seit altersher bekannt und geübt war, erst relativ spät daran ging, sich des Glases zum Verschließen der Fensteröffnungen zu bedienen. In den heißen Ländern, welche zuerst die eigentlichen Pflegestätten der Glasindustrie waren, wäre dies nun allerdings nicht nur Luxus, sondern geradezu auch unangenehm gewesen, da man nicht im Stande war, große Tafeln herzustellen, und man sich daher auf kleine Oeffnungen hätte beschränken müssen. Erst gegen Ende des 3. Jahrhundertes werden die ersten Glasfenster erwähnt, sie waren jedoch noch sehr theuer, so daß nur sehr Reiche sich diesen Luxus gestatten konnten. Am frühesten wurde die Verglasung der Kirchenfenster allgemein und man benützte sie hier nicht nur zu Utilitätszwecken, sondern auch zur Anbringung von Glasmalereien, wodurch eine neue Kunstrichtung geschaffen wurde, auf deren Entwickelung und Bedeutung wir noch zu sprechen kommen werden.

An den Wohngebäuden bürgerten sich die verglasten Fenster erst spät ein, und es berührt uns jedenfalls eigenthümlich, wenn wir in alten Chroniken lesen, daß beispielsweise in Wien im 15. Jahrhunderte „schon" die meisten Gebäude mit Glasfenstern versehen waren. Glas war aber damals eben nicht nur ein theuerer

Digitized by Google

Artikel, sondern man war in der Technik seiner Verarbeitung auch noch weit zurück. Besonders war man nicht im Stande, größere Scheiben herzustellen. So sehen wir an den aus der Zeit Fischer von Erlach's (1656 bis 1723) stammenden Bauten wohl zahlreiche und große, mit der Majestät seiner Architektur in Einklang stehende Fenster, diese sind jedoch durch Rahmen in zahlreiche kleine, kaum 20 cm im Geviert messende Felder zerlegt, welche verglast sind. Und jene, die einen Fischer von Erlach als Baumeister zur Verfügung hatten, hätten wohl auch über die Mittel geboten, große Fensterscheiben zu bezahlen, wenn man solche damals hätte herstellen können.

Der letzte Aufschwung, welchen die Glasindustrie nahm, und der sie auf die heutige Höhe brachte, ist dem Zusammenwirken zweier mächtiger Factoren zu verdanken. Einerseits hat auch hier die Chemie eingegriffen und die rationelle Darstellung des Glases gelehrt. Sie hat gezeigt, wie das Glas zu entfärben ist, und wie durch Veränderung in der Zusammensetzung Glasmassen von ganz verschiedenen Eigenschaften geschaffen werden können, andererseits lehrte sie die Herstellung prachtvoll gefärbter Gläser, und in mehr als einem Falle ist es ihr, unter Anwendung eines ihrer wichtigsten Zweige, der chemischen Analyse, auch gelungen, farbige Glasmassen, deren Herstellung in Vergessenheit gerathen waren, wieder in alter Pracht und Farbenschönheit anfertigen zu lehren. Ferner hat sich aber auch die Technik ein großes Verdienst um die Entwickelung der Glasindustrie erworben. Sie war es, welche den Bau rationeller Oefen mit zweckmäßigen Feuerungsanlagen lehrte, sie lieferte all die verschiedenen Hilfsmittel, deren heute keine Glasfabrik entrathen kann, wie Model und Gießformen, Pressen und Schleifvorrichtungen. Ihr ist es zu verdanken, daß wir heute Glastafeln und Spiegel von früher ungeahnter Ausdehnung herstellen können, und daß heute die gewöhnlichen Glaserzeugnisse wenigstens so billig geworden sind, daß das Glas zu dem wurde, was es ist: ein Gebrauchsgegenstand, den jedermann sich zu verschaffen vermag, und den wir heute allgemein verwenden.

Aber auch eines dritten Momentes müssen wir gedenken, um die Stellung und Bedeutung der Glasindustrie voll und ganz würdigen zu können. Es ist dies der Einfluß, welchen zahlreiche Künstler auf ihre Erzeugnisse ausgeübt haben. In der Natur des Menschen ist es ja begründet, daß er wohl in erster Linie die Befriedigung seiner Bedürfnisse anstrebt, dann stellt sich aber sofort das Streben ein, sich mit schönen und dem Auge gefälligen Gegenständen zu umgeben. Und gerade das Glas ist wie geschaffen, sich nicht nur formen, sondern auch verzieren zu lassen, und wir werden verschiedene Techniken der Decoration des Glases, den Schliff, die Gravirung und die Aetzung noch kennen lernen. Gerade aber dadurch, daß Glaskunstgegenstände von Künstlern und bewährten Fachmännern entworfen und meisterhaft ausgeführt wurden, entstanden Erzeugnisse, welche sich den berühmtesten Bildungen der Plastik ebenbürtig an die Seite stellen lassen. Wir erinnern in dieser Hinsicht nur an einen Namen, der sich aber auf der ganzen Welt des besten Klanges erfreut, an den Namen Lobmeyr. Lobmeyr war es, der

Digitized by Google

**Arabiſche Gefäße.**

**Entworfen von Prof. Franz Schmorenz, ausgeführt von J. und L. Lobmeyr.**

Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

Digitized by Google

vorzugsweise auf die künstlerische Ausbildung der Glaserzeugnisse einen bedeutenden Einfluß nahm, und die zahlreichen Abbildungen von Glaskunstgegenständen,

Vase aus Krystallglas.
Entworfen von Professor H. Haerdtl, ausgeführt von J. und L. Lobmeyr in Wien.

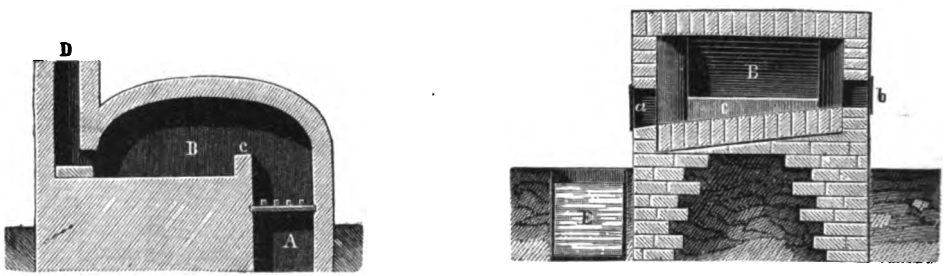
welche wir dem liebenswürdigen Entgegenkommen des Genannten verdanken, sind ebenso viele beredte Zeugen für die künstlerische Vollendung, welche Lobmeyr dem



Digitized by Google

Glase zu ertheilen gewußt hat, und wodurch er zu einem bahnbrechenden Förderer der gesammten großen Industrie wurde. — —

Ueber die Abstammung des Wortes „Glas" ist man noch nicht vollständig im Klaren, wenigstens verfügen wir über verschiedene Deutungen, die wohl alle eine gewisse Wahrscheinlichkeit für ihre Richtigkeit besitzen. Während nämlich einige Forscher aus der Aehnlichkeit des Glases mit dem Eise schließen, daß seine Bezeichnung von „glace", d. h. Eis abgeleitet sei, neigen Andere wieder der Anschauung zu, es sei nach dem Namen einer Pflanze, deren Asche seinerzeit zur Glasbereitung verwendet wurde, und welche „glastum" hieß, benannt. Nach Dritten endlich soll der Ausdruck von dem altsächsischen „glisnian", gleißen oder dem angelsächsischen „gelexan", glänzen, stammen. Jedenfalls haben wir es aber mit einem sehr alten Worte zu thun, worauf schon das hohe Alter dieser Industrie, deren Wesen wir jetzt betrachten wollen, hinweist.




Flammofen zum Glühen von Quarz.

Längsschnitt. Querschnitt.

Als Rohmaterialien der Glasfabrikation sind alle jene Stoffe anzusehen, welche die im Glase enthaltenen Bestandtheile in der größten möglichen Reinheit enthalten. Diese Bestandtheile sind Kieselsäure, Natron, Kali, Kalk und Bleioxyd.

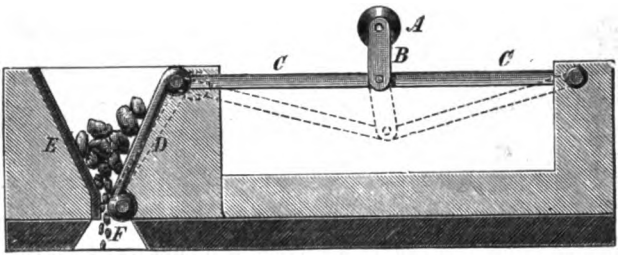
Die Kieselsäure, welche procentisch die Hauptbestandtheile der Gläser bildet, wird entweder in Form eines reinen Quarzsandes oder als Quarz in die Hütte gebracht, und muß in jedem Falle noch einer Aufbereitung unterzogen werden. Quarzsande werden zu diesem Zwecke mit Wasser gewaschen und geschlämmt, ferner werden sie geglüht, um beigemengte organische Substanzen zu zerstören und Eisenoxydul in Eisenoxyd überzuführen.

Quarz wird, um ihn leichter zerkleinern zu können, in Flammöfen geglüht und dann in kaltem Wasser abgekühlt. Diese Flammöfen sind aus feuerfestem Material gebaut und vermögen 3000 bis 5000 kg Quarz aufzunehmen, sie bestehen aus der Feuerung A, dem zur Aufnahme des Quarzes bestimmten eigentlichen Ofenraume B und dem Kamin D. Zwischen der Feuerung und dem Ofenraume liegt die Feuerbrücke c, welche die Flugasche aufhalten soll. Ist der Quarz glühend, so wird das Feuer gelöscht, man öffnet dann die Thüren a und b und stößt mit Hilfe eiserner Krücken den Quarz in das Wasserreservoir E.

Digitized by Google

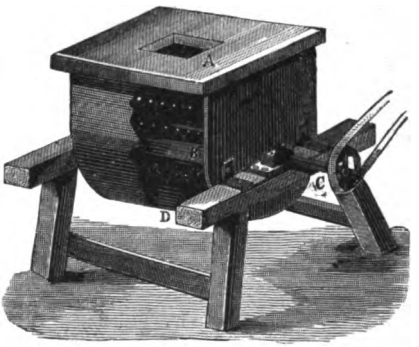
Zur Zerkleinerung des Quarzes dienen dann verschiedene Maschinen, wie Desintegratoren, Kollergänge oder Brechmaschinen, welche das ihnen übergebene Material zwischen den gerippten Backen E und D gewissermaßen zerkauen und im zerkleinerten Zustande durch den Spalt F in einen unter letzterem befindlichen Sammelkasten fallen lassen.

Andere Rohmaterialien sind Soda, Potasche, Glaubersalz, Kalk, Flußspath, Borax, Kalisalpeter, Bleioxyd, Zinkoxyd u. s. f. Da wir ihre Darstellung, Gewinnung und Eigenschaften schon kennen gelernt haben, brauchen wir uns an dieser Stelle wohl nicht näher damit zu befassen.



Vorrichtung zur Zerkleinerung von Quarz.

Aus diesen verschiedenen Rohmaterialien, die alle entsprechend zerkleinert sein müssen, wird die zur Herstellung einer gewissen Glassorte erforderliche Mischung, der Glassatz, bereitet. Die Herstellung des Satzes geschieht in der Regel in einem besonderen, abschließbaren Raume, in der Gemenge- oder Zurichtstube, welche sich in der Nähe des Glasofens befindet, und in welcher die größte Reinlichkeit herrschen muß, da die Beimengung selbst sehr geringer Mengen fremder Körper mitunter einen Glassatz vollständig verderben kann. Natürlich müssen die einzelnen Antheile, deren Menge genau abgewogen wird, auch innig miteinander vermischt werden, was entweder durch Handarbeit, oder aber unter Verwendung besonderer Mischmaschinen geschieht, welche eine sehr einfache Einrichtung besitzen. In einem hölzernen Kasten mit halbrundem Boden bewegt sich eine Trommel B, an deren innerer Wandung schräg stehende Holzstifte befestigt sind. Durch einen Trichter werden die zu mengenden Bestandtheile eingetragen, der Antrieb geschieht von der Riemenscheibe C aus, die innig gemengte Masse wird durch die Klappe D entleert.



Mischmaschine für den Glassatz.

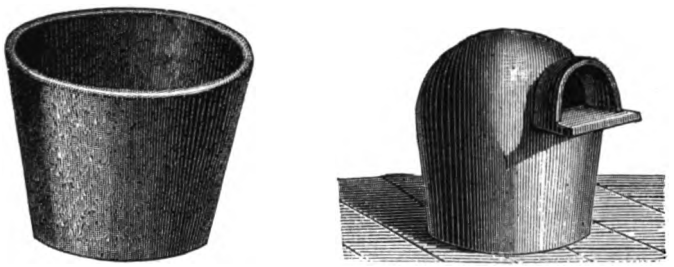
Das Schmelzen der Glasmasse geschieht in großen feuerfesten Thongefäßen, den Hafen, welche gewöhnlich in der Glashütte selbst angefertigt werden. Der zu ihrer Herstellung dienende Thon wird vorher einer ebenso gründlichen Aufbereitung und Durcharbeitung unterzogen, wie dies bei der Anfertigung von Thonwaaren überhaupt erforderlich ist, auch muß die Anfertigung, das Trocknen und Brennen



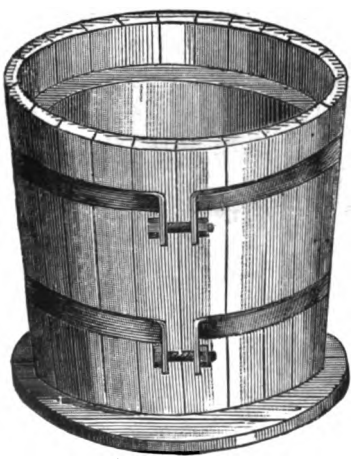
Digitized by Google

mit der größten Sorgfalt vorgenommen werden, da diese Hafen sehr großen Temperaturschwankungen ausgesetzt sind, und sonst sehr rasch zugrunde gehen.

Die Größe und Form dieser Schmelzgefäße für die Glasmasse ist sehr verschieden. Früher bediente man sich flaschenförmiger, dreieckiger oder viereckiger Schmelztiegel, in neuerer Zeit verwendet man ausschließlich runde oder ovale Gefäße. Diese sind entweder oben offen oder mit einer Kappe überwölbt, um die Glasmasse vor Verunreinigung mit Staub, und bei Anfertigung von Bleigläsern auch vor der Einwirkung der reducirenden Flamme zu schützen. Die Größe dieser Schmelzgefäße wird gewöhnlich so bemessen, daß ein Arbeiter in einer Schicht den Inhalt auszuarbeiten vermag, sie fassen daher zur Weißglasfabrikation 60 bis 90, zur Tafelglasfabrikation 100 bis 300 und zur Herstellung geblasener Spiegel 200 bis 500 kg, was einem Fassungsvermögen von etwa 30 bis 250 l entspricht.



Hafen.



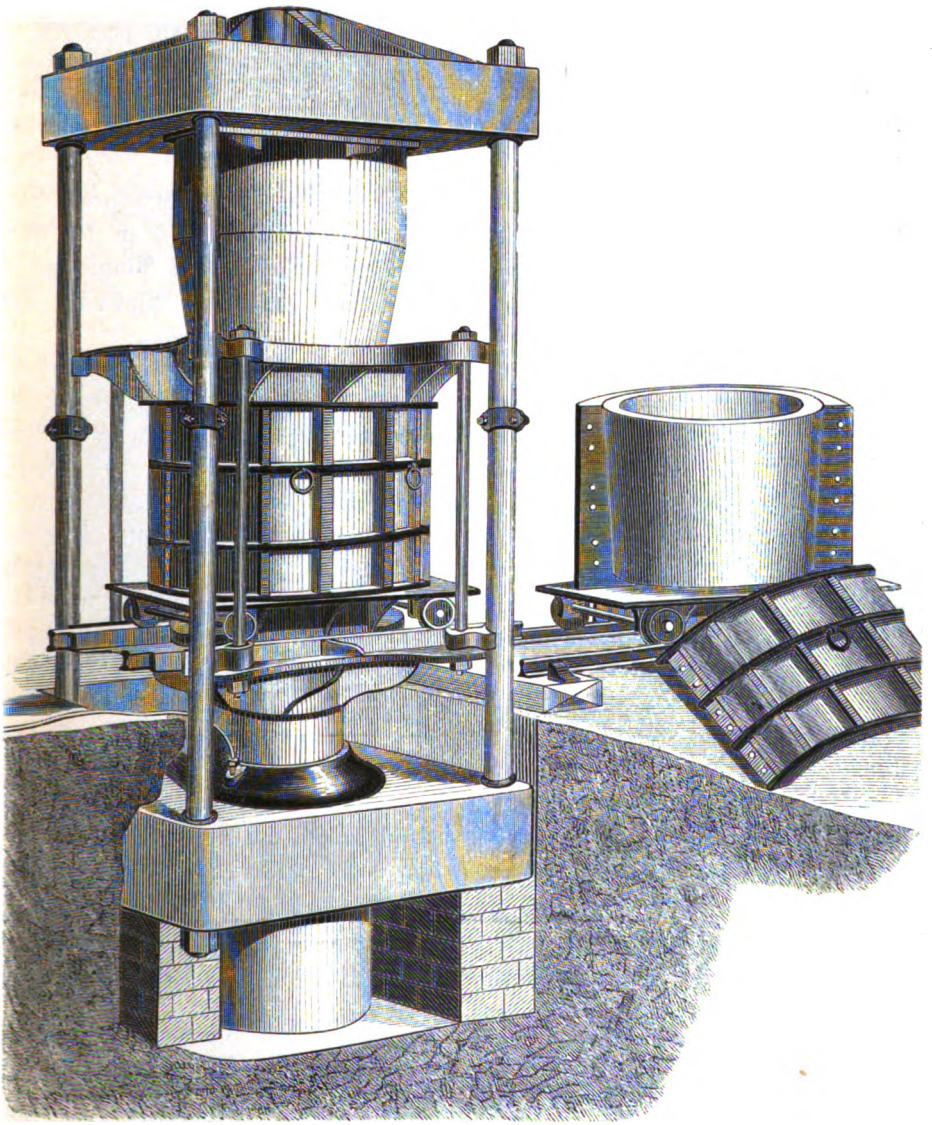
Hafenform.

Zum Formen der Glashafen dienen Kübel ohne Boden, welche mit der Masse ausgekleidet werden. Es ist dies eine ebenso schwierige als mühevolle Arbeit, und es darf uns daher nicht wundern, daß man, und zwar mit Erfolg, versucht hat, die Glashafen durch Pressen mittelst eigener Maschinen herzustellen. Bei diesen Vorrichtungen, unter welchen die Hafenpresse von Simons wohl die weiteste Verbreitung gefunden hat, wird der aus dem Thonschneider kommende homogene Thonklumpen in die Form gebracht und dann durch das Niederlassen des Stempels fest an deren Wände angepreßt, wodurch nicht nur eine große Regelmäßigkeit des Gefäßes, sondern auch eine gleichmäßige Dichtheit des Materiales und der Wandungen erzielt wird.

Sind die Hafen geformt, so läßt man sie zunächst lufttrocken werden, dann bringt man sie in den Ofen, in welchem sie zunächst angewärmt und dann bei bis zur Weißglut gesteigerten Temperatur gargebrannt werden. Schließlich wird der glühende Hafen aus dem Ofen genommen und in der Weise glasirt, daß man einige Glasscherben einwirft. Sie schmelzen sofort, und nun wird durch Drehen des Hafens die flüssige Glasmasse über den Boden und die Wände vertheilt.

Digitized by Google

Außer der Herstellung der Hafen obliegt dem Hafenmacher auch die Anfertigung der Klammern und Ringe, welche ebenfalls aus Hafenthon verfertigt



Hafenpresse von Simons.

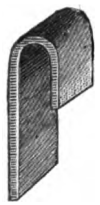
werden. Die Klammern sind umgebogene Thonstreifen, deren langer Schenkel etwa 20 cm Höhe besitzt, die Breite beträgt 6 bis 8 cm, die Dicke 2 cm.

Digitized by Google

Diese Klammern dienen dazu, Hafen, welche am oberen Rande zu reißen beginnen, aber sonst noch brauchbar sind, zu conserviren. Zu diesem Zwecke nimmt der Hafenmacher die Klammer auf eine eiserne Stange und wärmt sie sehr vorsichtig in einem Kühlofen an, indem er sie nach und nach einer immer stärkeren Hitze aussetzt. Dann wird mit der Klammer der Spalt oder Riß im Hafen in der Weise vorsichtig bedeckt, daß sich der lange Schenkel an der Innenseite des Hafens fest anschmiegt. Die Klammer verbindet sich dann innig mit dem Hafen und verhütet das Weiterschreiten des Risses, sowie das Ausfließen des geschmolzenen Glases.

Die Thonringe haben den Zweck, die Oberfläche der geschmolzenen Glasmasse, auf welcher man sie schwimmen läßt, rein zu erhalten. Die in der Glasmasse vorhandenen Verunreinigungen sammeln sich außerhalb des Ringes an, so daß der Arbeiter innerhalb des Ringes stets reine, geläuterte Glasmasse auszuschöpfen vermag.

Auch die Glasöfen müssen aus demselben feuerfesten Material verfertigt werden wie die Hafen, doch stellt man nicht alle Theile gleichmäßig her, sondern berücksichtigt die verschiedenen Temperaturen, welchen sie ausgesetzt sind. So verfertigt man das Fundament, welches keiner Hitze ausgesetzt ist, aus gewöhnlichen Ziegeln, ebenso die Umfangsmauern, dagegen müssen die Ofenbänke, die Mäntel der Feuerung, die Gewölbekappen, überhaupt jene Theile, welche der intensiven Schmelzhitze, sowie den verheerenden Wirkungen der alkalischen Dämpfe des Glases ausgesetzt sind, aus bestem, widerstandsfähigstem Material angefertigt werden. Zu diesem Zwecke verwendete man fast ausschließlich die englischen feuerfesten Steine, unter welchen sich wieder die sogenannten Dinassteine, besonders zum Baue der Siemens'schen Regenerativgasöfen, am besten bewährt haben.



Klammer.

Diese Dinassteine werden aus einem sandigen, verwitterten Gesteine, den Dinasfelsen in Südwales, gewonnen, welches zerkleinert, mit Kalk gemengt, gepreßt, getrocknet und gebrannt wird. Da der Bezug dieses Materiales jedoch sehr hoch zu stehen kommt, erzeugen sich heute die größeren Glasfabriken ihr Chamottematerial für den Ofenbau selbst, außerdem befassen sich auch schon eigene Fabriken — ebenso wie mit der Anfertigung der Hafen — mit der Herstellung solcher Chamottesteine.

Hinsichtlich der Art des in Verwendung kommenden Brennmateriales unterscheidet man Oefen für Holz- und Steinkohlenfeuerung, und drittens im Gegensatze zu diesen Oefen mit directer Feuerung Oefen mit Gasfeuerung, in welchen außer Holz und Steinkohle auch minderwerthiges Brennmaterial, wie Braunkohle und Torf verfeuert werden kann.

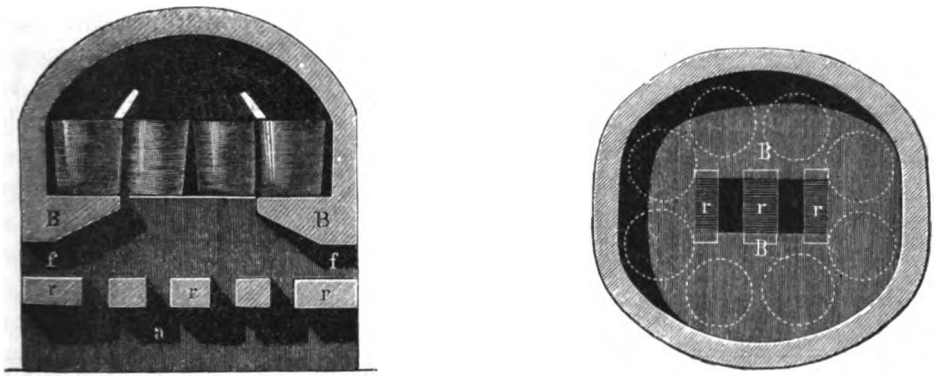
Die primitiven Oefen für Holzfeuerung aus älterer Zeit, wie sie Agricola beschreibt, waren aus weichem Thon gebaut und besaßen die Form eines stumpfen Kegels von etwa 4 m Höhe. Sie bestanden aus drei übereinander liegenden Räumen;

Digitized by Google

der unterste und geräumigste diente als Heizraum, der mittlere als Schmelzraum, während in den obersten, kühlsten die fertigen Glasgegenstände zur langsamen Abkühlung gebracht wurden. Im Ofenmantel wären Oeffnungen ausgespart, durch welche die Hafen eingesetzt werden konnten, dann wurden diese durch Vorsetzen eines Formsteines bis auf eine kleine Oeffnung, das Arbeitsloch, verschlossen.

Der Gebrauch solcher Oefen hat sich bis in die neuere Zeit erhalten. Erst spät wurden verschiedene Abänderungen, welche hauptsächlich eine bessere Ausnützung des Feuers bezwecken, angebracht. Dies gilt besonders von der Anordnung eines Rostes, wodurch auch der Uebergang von der Holzfeuerung, welche heute nur mehr sehr selten und in waldreichen Gegenden angewendet wird, zur Kohlenfeuerung vermittelt wurde.

Die ehemals sehr verbreiteten, kleinen böhmischen Oefen besaßen folgende Einrichtung. Ueber dem Fundamente erheben sich die Hafenbänke BB, unter




Böhmischer Glasofen.

Durchschnitt. Grundriß.

welchen die rechteckigen Roststeine r, welche aus Chamottemasse verfertigt sind, eingefügt werden. Dadurch wird der Raum zwischen den Bänken in zwei Abtheilungen zerlegt, die untere, a, dient als Luftcanal und Aschenfall. Der Unterbau der Bank findet über der Schürgrube f seine Fortsetzung und geht durch einen Gewölbebogen in die um den ganzen Ofen herumgehende Bank über. Auf der Hafenbank können acht Hafen aufgestellt werden, die Kappe, sowie das Hauptgewölbe des ganzen Ofens besteht aus geschlagenem weichen Thon.

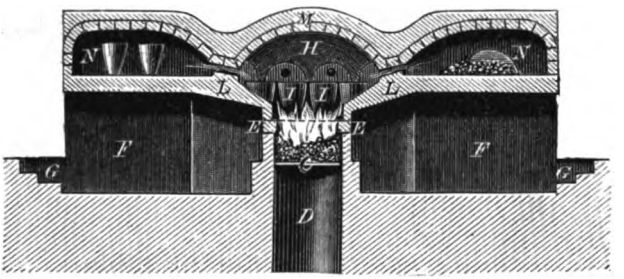
Oefen mit Steinkohlenfeuerung wurden zuerst in England angewendet, wie überhaupt England jenes Land ist, in welchem zuerst die Steinkohle ihrem wahren Werthe nach gewürdigt und geschätzt wurde. Als Beispiel eines solchen Ofens sei hier die Einrichtung eines runden Ofens für Tafelglasbetrieb mit Nebenöfen kurz beschrieben.

Der Ofen, welchen die Abbildung Seite 408 im Verticaldurchschnitte zeigt, ist zur Aufnahme von acht Hafen bestimmt, in welchen in 24 Stunden 1500 bis 1700 kg

Digitized by Google

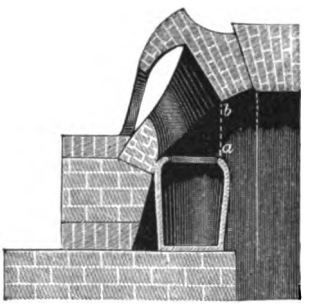
Tafelglas erschmolzen werden, wozu rund 1500 kg Steinkohle nöthig sind. Um den eigentlichen Ofen sind vier Nebenöfen gruppirt, sie dienen als Calcinieröfen zum Glühen verschiedener Materialien, als Anwärmeöfen zum Anwärmen der Hafen, zum Glühen des Quarzes und endlich als Kühlöfen für die fertigen Glaswaaren.

Ueber dem hohen Aschenfall und Zugcanal D liegt der Rost C. Ueber die Treppe G gelangt man in den Vorofen F und von hier aus zu den mit Formsteinen verstellbaren Schürlöchern EE. Die Bankfläche, auf welcher die Hafen I I postirt sind, ist durch eine punktirte Linie angedeutet. Die Gewölbe des Vorofens und des eigentlichen Ofens verbinden bei LL verengte Canäle, durch welche die Flammen in die Glüh- und Anwärmeöfen NN streichen. M ist die äußere Umkleidung des Gewölbes.



Ofen für Tafelglasbetrieb.

Ein Uebelstand der Oefen mit directer Feuerung, welcher sich sehr unangenehm fühlbar macht, besteht in der Ansammlung der sich aus der Glasmasse verflüchtigenden Alkalien an der Decke des Gewölbes. Hier wirken sie zerstörend auf die Gewölbetheile und Bänke des Ofens ein, es bilden sich leicht schmelzbare Silicate, welche abfließen, in die Glasmasse gelangen und diese verunreinigen.



Arbeitsöffnung nach Kirn.

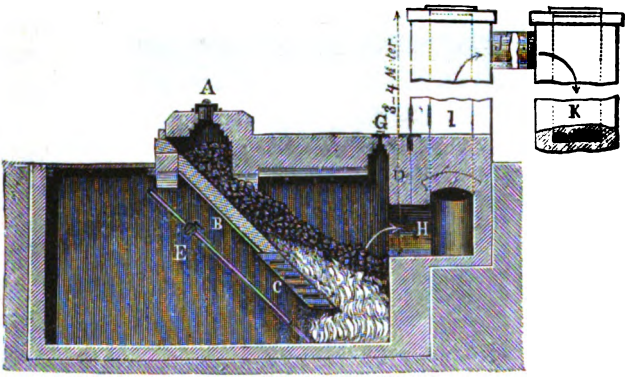
Um dies zu verhindern, hat Kirn eine sehr praktische Abänderung an dem Theile des Gewölbes, unter welchem die Hafen stehen, empfohlen. Er vergrößert das über dem Hafen befindliche Arbeitsloch dadurch, daß er es nach innen zu conisch erweitert, und zwar um so viel, daß der Durchmesser des Arbeitsloches ebenso groß wird wie jener des oberen Hafenrandes. Die von der Decke ablaufende Flüssigkeit ist gezwungen, an der scharfen Kante b abzutropfen, und kann, da die Tropfen senkrecht in der Richtung der punktirten Linie b a fallen, nicht die Glasmasse im Hafen verunreinigen.

Die Beschaffenheit des Glases ist in hohem Maße von der Natur und den Eigenschaften des zur Heizung des Ofens dienenden Brennmateriales abhängig. Besonders bei Oefen mit directer Feuerung konnte nur ein sehr gutes Brennmaterial verwendet werden, wodurch sich naturgemäß die Herstellung des Glases nicht unwesentlich vertheuerte. Die Einführung der Oefen mit indirecter Heizung, mit Gasheizung, in welchen so ziemlich jedes Brennmaterial verwendet werden

Digitized by Google

kann und die außerdem noch den Vortheil großer Brennstoffersparnis mit sich bringen, war daher als bedeutender Fortschritt zu begrüßen. Bei diesen Oefen wird das Brennmaterial nicht unter den Hafen, sondern in eine besondere Vorrichtung, den Gasgenerator, gebracht, und hier auch nicht vollständig verbrannt. Es wird vielmehr der Luftzutritt derart geregelt, daß das Brennmaterial nur an der Oberfläche wirklich brennt, die entstehende Wärme zersetzt aber die tieferen Schichten des Brennmateriales in solcher Weise, daß gasförmige, brennbare Zersetzungsproducte entstehen, welche in den Glasofen geleitet, hier mit Luft gemengt und verbrannt werden, wobei es gelingt, sehr hohe Temperaturen, bei großer Ersparnis an Brennmaterial, zu erzeugen.

Die ersten Gasöfen wurden von Chance, Belford u. A. construirt, sie waren jedoch noch mit verschiedenen Mängeln behaftet. Erst im Jahre 1861 ist es Friedrich Siemens gelungen, die Frage der Gasheizung der Glasöfen vollständig und in einer in jeder Beziehung befriedigenden Weise zu lösen. Während nämlich bei den älteren Gasheizungsanlagen ein Ventilator oder ein Gebläse den zur Verbrennung erforderlichen Luftzug unterhalten mußte, zu dessen Antrieb ein Motor nöthig war, benützt Siemens in genialer Weise die aus dem Ofen abgehende Wärme zur Unterhaltung der Luftströmung. Außerdem verbindet er damit gleichzeitig auch eine vollständige Ausnützung der Wärme, indem er zwischen dem Generator und dem Ofen die „Regeneratoren" einschaltet, in welchen die zur Verbrennung der Gase dienende Luft vorgewärmt wird.



Siemens'scher Generator.

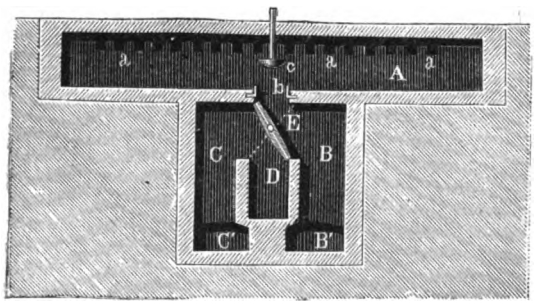
Die Einrichtung der Siemens'schen Generatoren ist je nach der Natur der zu vergasenden Materialien verschieden. Sie bestehen aus einem viereckigen, aus Formsteinen gemauerten Schacht, dessen eine Seite, je nachdem Steinkohle, Braunkohle oder Torf verheizt werden soll, mehr oder minder nach innen zu geneigt ist. Diese Generatoren werden stets außerhalb des Ofens und in beliebiger Entfernung von diesem angelegt.

Die obenstehende Abbildung zeigt einen solchen Generator im Querschnitt. Das Brennmaterial wird bei A, nach Abnahme eines mit einem hydraulischen Verschlusse abgedichteten Deckels eingetragen, es kollert dann über die schiefe Fläche B auf den Treppenrost C; der unter dem Roste befindliche Raum dient zur Aufnahme der Asche und Schlacke.

Digitized by Google

Durch das Rohr E kann Wasser auf das glühende Brennmaterial gespritzt werden, um die Bildung von Wassergas zu ermöglichen, der Schieber D dient zur Regulirung der Gaseinströmung, G ist ein Schürloch, welches gewöhnlich verschlossen ist.

Ist der Generator angeheizt, so unterliegt das Brennmaterial einer unvollständigen Verbrennung und theilweise trockenen Destillation. Die sich entwickelnden Gase treten durch den Fuchs H in den hohen Hauptcanal I und durch das seitlich angebrachte Rohr J in den zweiten Canal K, welcher in seiner Verlängerung unten in eine Cysterne mündet. Diese Anordnung verbindet einen doppelten Zweck. Einerseits sollen dadurch die mit den Gasen aufsteigenden Theerdämpfe, welche die Rohrleitungen leicht verstopfen würden, condensirt werden, andererseits soll sie aber auch den Abzug der Gase erleichtern. Diese Absicht wird bei dieser Anordnung vollkommen erreicht, indem die specifisch schwereren, im Rohre K befindlichen, weniger erhitzten Gase saugend auf die aus dem Generator unmittelbar kommenden, noch sehr heißen Gase wirken.



Wechselklappe.

Die im Ofen verbrannten Generatorgase, beziehungsweise die glühenden Verbrennungsproducte derselben werden bei der Siemens'schen Construction nicht direct in den Schornstein geleitet, sondern sie werden gezwungen, noch einen besonderen Raum, den Regenerator zu durchstreichen, in welchem sie den größten Theil der Wärme an rostförmig gestellte Steine abgeben. Jeder Glasofen besitzt zwei Paare solcher Regeneratoren. Während durch das eine Paar die abziehenden Gase streichen und ihre Wärme abgeben, streicht durch das andere die zur Verbrennung der Generatorgase bestimmte Luft und erhitzt sich hier. Dadurch wird eine weitaus höhere Verbrennungstemperatur der Generatorgase erzielt, da jene Wärmemenge erspart wird, welche zur Erhitzung der Luft verwendet werden müßte, gleichzeitig erkaltet aber der betreffende Regenerator wieder. Es ist daher nöthig, daß den abziehenden Gasen und der eintretenden Luft von Zeit zu Zeit eine andere Richtung ertheilt wird, so daß die beiden Regeneratorenpaare ihre Aufgabe, die Verbrennungsproducte abzukühlen, beziehungsweise ihnen die Wärme zu entziehen, und die Verbrennungsluft vorzuwärmen, abwechselnd ausüben.

Zu diesem Zwecke schaltet Siemens zwischen dem Generator und dem Ofen eigens construirte Wechselklappen ein, deren Wirkung die obenstehende Abbildung veranschaulicht. In diese, im Luftcanale angebrachte Steuervorrichtung tritt die Luft durch eine Anzahl kleiner, unter den Hafenbänken des Ofens befindlicher Canäle aa und gelangt in den Sammelcanal A, welcher sich nach unten in drei

Digitized by Google

Arme BDC verzweigt. Der Raum B steht mit dem Canal B' in Verbindung und führt nach der Luftkammer des ersten Regeneratorenpaares, und in gleicher Weise communicirt C mit C' und der Luftkammer des zweiten Regeneratorenpaares. Die in der Mitte zwischen C und B gelegene Kammer steht mit dem Schornsteine in Verbindung.

Es ist nun leicht ersichtlich, daß je nach der Stellung der Klappe E die Luft einen anderen Weg nehmen muß. Steht die Klappe, wie in der Abbildung angedeutet, von links nach rechts, so muß die bei A einströmende Luft durch die durch ein Schalenventil c absperrbare und zur Regulirung der Lufteinströmung bestimmte Oeffnung b in den rechts gelegenen Raum B und von hier aus durch den Zug B' in die Luftkammer des ersten Regeneratorenpaares gelangen, wo sie erhitzt wird, und im erhitzten Zustande in den Ofen gelangt. Im Ofen bringt sie die gleichzeitig aus dem Generator eingeleiteten Gase zur Verbrennung und tritt dann in die Luftkammer des zweiten Regeneratorenpaares, giebt dort ihre Wärme fast vollständig ab und gelangt durch den Fuchs C' in die Kammer C, und von hier in den zum Schornsteine führenden Canal D.

Ist dann nach einiger Zeit im zweiten Regeneratorenpaar genügend Wärme aufgespeichert, so wird die Stellung der Klappe gewechselt und eine vollständige Umkehrung der Zugrichtung bewirkt. Die von A kommende Luft nimmt nun den entgegengesetzten Weg, sie geht durch C und C' in die erhitzte Kammer des zweiten Regeneratorenpaares, wird hier erhitzt, geht in den Ofen, verbrennt die Gase und gelangt in die Luftkammer des ersten Regeneratorenpaares, giebt hier den größten Theil ihrer Wärme ab, und entweicht erst dann durch D in den Schornstein.

Gleichzeitig mit der Aenderung der Zugrichtung der Luft wird auch mit Hilfe einer zweiten Wechselklappe die Zugrichtung der Generatorgase geändert. Man legt beide Wechselklappen so nahe als möglich bei einander an und verbindet sie, so daß durch eine einmalige, etwa jede halbe Stunde auszuführende Umdrehung, innerhalb welchen Zeitraumes im Regenerator genügend Wärme aufgespeichert wurde, beide Wechselklappen gleichzeitig umgestellt werden.

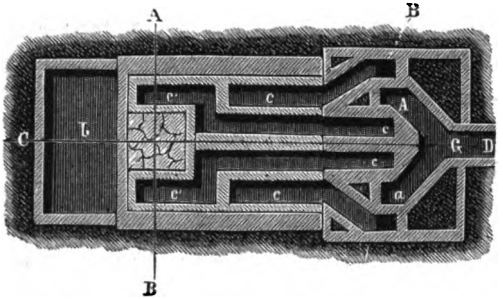
Die Regeneratoren werden unterhalb des Schmelzraumes angebracht. Es sind dies große, aus feuerfestem Material hergestellte Räume, welche mit gitterförmig übereinander gestellten Steinen ausgefüllt sind. Sie stehen mit den Canälen B' und C' der Wechselklappe in Verbindung, und münden oben in den Schmelzraum des Ofens.

Wir wollen nun einen nach dem Siemens'schen Systeme erbauten Ofen, und zwar einen Hohlglas-Hafenofen an der Hand von Abbildungen betrachten, um die Anordnung der ganzen Einrichtung kennen zu lernen.

Die Abbildung auf Seite 412 veranschaulicht einen Horizontalschnitt 0·3 m über dem Fundamente durch einen solchen Ofen. Durch den Canal G werden die von den Regeneratoren kommenden Gase nach dem Kamin geführt. Der Canal steht durch seine Abzweigung A mit der Gas- und durch den Arm a mit der Luftvertheilung in Verbindung. Aus dem über A vom Generator kommenden

Digitized by Google

Gascanale gelangt je nach der Stellung der Wechselklappe das Gas nach B oder in die auf derselben Seite nahe der Mittellinie CD liegenden Kammern c; in derselben Anordnung liegen auf der anderen Seite die von den Luftkammern der Generatoren kommenden Züge, welche mit dem Arme a communiciren.

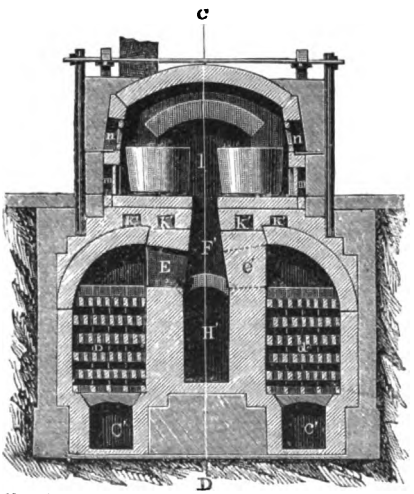



Horizontalschnitt durch einen Siemens'schen Hohlglas-Hafenofen.

Der eigentliche Ofen erhebt sich über dem heller straffirten Theile der Zeichnung. Ueber C und C' liegt je ein Regenerator zur Gaserhitzung, über c und c' ein Regenerator zur Lufterhitzung.

Die Einrichtung des Ofens veranschaulicht der untenstehende Verticalschnitt nach der Linie AB der vorstehenden Figur.

Ueber den Canälen C' c' erheben sich je ein Paar Regeneratoren bis über die halbe Höhe des Ofens. Ist nun die Stellung der Wechselklappen eine solche, daß der Gas- und Luftstrom mit dem ersten Regeneratorenpaare in Verbindung steht, so steigt das Gas durch den Zug C' in das Gitterwerk des Regenerators D auf und gelangt durch den Hals E in den Feuercanal F', die Luft aber geht durch c' in die Regeneratorenkammer d' und durch den Hals e' in den Canal F'.



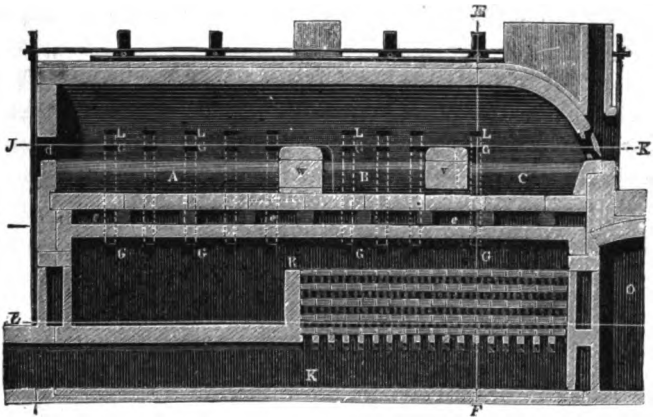

Verticalschnitt durch einen Siemens'schen Hohlglas-Hafenofen.

Der Betrieb der Glasöfen, in welchen das Glas in Hafen geschmolzen wird, ist mit manchen Schwierigkeiten verbunden, welche eben durch die Verwendung der Hafen bedingt sind. Außerdem ist die Haltbarkeit der Hafen keine allzu große, ihre Herstellung erfordert viel Mühe und Zeit, sie sind theuer u. s. f. Es lag daher der Gedanke nahe, ganz ohne Hafen zu arbeiten und das Glas unmittelbar auf der zu diesem Zwecke besonders gestalteten Sohle des Schmelzofens zu schmelzen. Nachdem sich sowohl Chance als auch Donzel vergeblich mit der Lösung dieses Problems versucht hatten, gelang es auch hier Friedrich Siemens, diesen Gedanken in ebenso genialer wie rationeller Weise zu verwirklichen.

Wenn wir einen Längsschnitt und einen Querschnitt durch einen solchen Siemens'schen ununterbrochen arbeitenden Wannenofen betrachten, so sehen wir, daß die Kammern Rr das eine, die Kammern R'r' das zweite Regeneratorenpaar

Digitized by Google

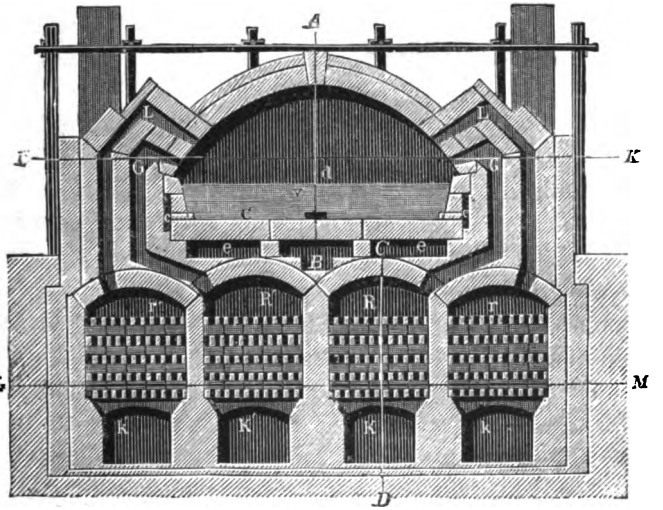
bilden. In den Kammern RR' wird das Generatorgas, in den Kammern rr' der Luftstrom erhitzt. Das Gas gelangt aus RR' durch die Canäle G, die Luft von rr' durch die Canäle L durch die Ausströmungsöffnungen in den Ofen, wo die Verbrennung erfolgt. Die Luftausführungsgänge sind hier unmittelbar über den gasführenden Gängen angebracht, wodurch man erreicht, daß die Flamme mehr gegen die Wannenfläche gerichtet wird.



Siemens'scher Wannenofen Längsschnitt.

Die Kammern RR' stehen durch die Leitungen KK' mit der Gaszuführungswechselklappe, die Kammern rr' durch die Leitungen kk' mit der Luftzuführungswechselklappe in Verbindung. Durch den Raum O sind die Kammern zugänglich, um nöthige Reparaturen ausführen zu können.

Die weitere Einrichtung dieses Ofens ist nun wohl leicht verständlich. Der Raum A ist der Schmelzraum; er wird durch das Eintragloch d beschickt. Aus dem Schmelzraume gelangt das Glas durch kleine Canäle a, welche die Querwand w durchsetzen, in den Läuterraum, und von hier durch eine unten an der Sohle befindliche Oeffnung in den Arbeitsraum, in dessen Umfassungsmauer zehn Arbeitslöcher c vorhanden sind. Die Luftcanäle ee haben den Zweck, die Außenseite der Wanne abzukühlen, wodurch die Haltbarkeit und Dauer der Wanne ganz bedeutend verlängert wird. Bekommt nämlich die Wanne einen Riß, durch welchen



Siemens'scher Wannenofen, Querschnitt.

Digitized by Google

Glas ausfließen würde, so kühlt sich dieses in Berührung mit der kalten Luft ab und erstarrt, wodurch der Riß sich schließt. Nach längerem Gebrauche sehen diese Wannen wie glasirt aus, und dies hat den weiteren Vortheil, daß die Glasmasse dann niemals mehr mit der Wandung der Wanne in Berührung kommt und nicht den Thon aufzulösen vermag.

Eine sehr zweckmäßige Neuerung, welche Siemens bei diesen continuirlichen Wannenöfen eingeführt hat, besteht darin, daß die erwähnten beiden Querwände w und v, durch welche die Wanne in drei Abtheilungen zerlegt wird, ganz entfallen, so daß sie ein großes Bassin bildet. Um jedoch das geschmolzene Glas in der Wanne einer Läuterung zu unterziehen, ist vor jedem Arbeitsloch ein eigenthümlich construirtes Schiffchen angebracht, welches zur Läuterung des Glases dient und auf der Glasmasse schwimmt.

Diese Schiffchen, welche die beiden Abbildungen veranschaulichen, sind aus feuerfestem Thone verfertigt. Das geschmolzene Glas tritt durch die Oeffnung a

Siemens'sches Schiffchen.

Ansicht. Längsschnitt.

in die Abtheilung A, fließt über die Querwand B in den Raum C, wobei es einer Läuterung unterliegt, um sodann durch die Oeffnung D in den Raum E zu fließen, aus welchem es ausgearbeitet wird.

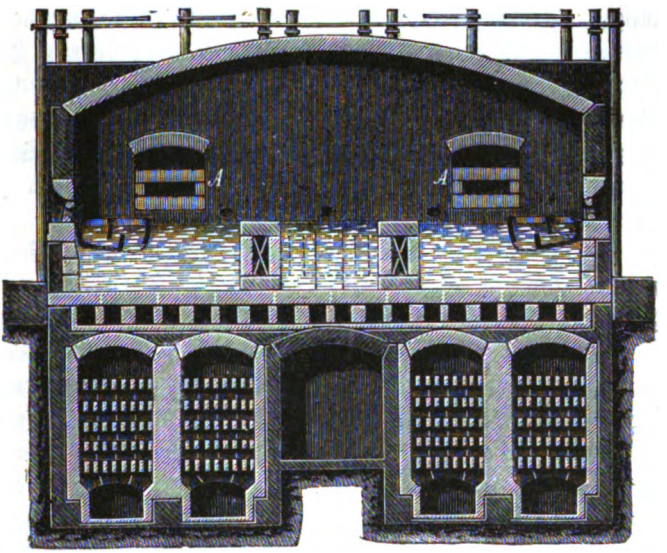
Eine weitere Erfindung des um die Glasindustrie so hochverdienten Friedrich Siemens sind die Oefen mit freier Flammenentfaltung. Während man nämlich bei den Gasöfen der verschiedenen Systeme die Flamme einengte und sie direct mit dem Schmelzofen, den Hafen und dem schmelzenden Glase in Berührung brachte, läßt Siemens bei der neuen Construction die Flamme über dem Schmelzraume sich entfalten, so daß das Anwärmen, Schmelzen ꝛc. durch die strahlende Wärme erfolgt. Dadurch wird nicht nur eine bessere Beschaffenheit des Glases erzielt, sondern es ist auch die sonst aus den Arbeitslöchern lodernde Flamme, durch welche die Arbeiter sehr zu leiden haben, vermieden.

Ehe ein neu aufgebauter Ofen dem Betriebe übergeben werden kann, muß er zunächst nach und nach auf die hohe Temperatur erwärmt werden, welcher er während des Schmelzens ausgesetzt ist. Dieses „Auftempern" hat den Zweck, zu

Digitized by Google

verhindern, daß der Ofen Risse und Sprünge erhält, was bei rascher Erhitzung nicht zu vermeiden wäre.

Die großen und bedeutenden Vortheile der Gasheizung gegenüber der directen Heizung mit Holz oder Kohle brauchen wir nach dem Gesagten wohl nicht mehr besonders hervorzuheben. Durch die Erfindungen Siemens' wurde eine neue Aera der Glasfabrikation inaugurirt, die besonders darin zum Ausdrucke kommt, daß heute die Erzeugung des Glases nicht mehr an bestimmte Oertlichkeiten, an welchen das Brennmaterial vorhanden ist, gebunden erscheint. Auch ist die Beschaffenheit des Glases eine bessere, die Production eine billigere, so daß schon diese Umstände allein der Gasheizung die rascheste Verbreitung sicherten, welche sie auch thatsächlich zu verzeichnen hat. — —



Siemens'scher Glasofen mit freier Flammenentfaltung.

Die Umwandlung der durch inniges Mischen der einzelnen Bestandtheile hergestellten Glasmasse in Glas geschieht durch das Schmelzen. Dabei findet jedoch nicht nur eine bloße Verflüssigung der einzelnen Gemengtheile durch die hohe Temperatur statt, sondern sie wirken auch chemisch aufeinander ein. Es findet eine Zersetzung statt, indem sich die Kieselsäure mit den vorhandenen Basen verbindet, wobei die Kohlensäure aus der Soda oder Potasche, oder bei Anwendung von Glaubersalz die Schwefelsäure in Freiheit gesetzt wird. Um die freie Schwefelsäure unschädlich zu machen, fügt man Kohle zu, wodurch die Schwefelsäure zu schwefliger Säure reducirt wird, die Kohle aber zu Kohlensäure verbrennt. Die Gase entweichen aus der Glasmasse, sie versetzen diese in Wallung und tragen dadurch zur innigen Mischung bei.

Man unterscheidet bei dem Schmelzprocesse drei Stadien, und zwar die eigentliche Schmelzung, die Läuterung und die Kühlung oder das Abstehenlassen des Glases.

Da während des Ausarbeitens des Glases die Temperatur des Ofens vermindert werden muß, so ist vor Beginn der neuen Schmelze zunächst der Ofen aufzuheizen. Erst bis er wieder zur hellen Weißglut gebracht wurde, wird

Digitized by Google

das Glasgemenge in den Hafen eingetragen. Sobald die Hafen bis oben gefüllt sind, werden die Arbeitslöcher geschlossen und die Temperatur des Ofens gleichmäßig bei heller Weißglut erhalten. Die Schmelzung verläuft nun unter lebhaftem Brodeln der Masse; die bereits geschmolzene Masse sinkt, da sie specifisch schwerer ist als der ungeschmolzene Satz, zu Boden, während die noch ungeschmolzene Masse als kegelförmiger Haufen oben schwimmt.

Hat die Gasentwickelung nachgelassen, und sich eine genügende Menge geschmolzenen Glases angesammelt, so wird neuerdings Glassatz eingetragen und damit so lange fortgefahren, bis die Hafen nahezu gefüllt sind.

Mitunter erscheint auf der Oberfläche der geschmolzenen Masse eine dünnflüssige, eigenthümliche Substanz, die Glasgalle, welche aus Kali-, Natron- und Kalkverbindungen mit Chlor und Schwefelsäure besteht. Nur wenn sie in größeren Mengen auftritt, wird sie durch Ausschöpfen entfernt, sonst wird sie „ausgebrannt". Zu diesem Zwecke rührt man die flüssige Glasmasse mit einem frischen Holzscheite um, die sich bildende Kohle reducirt die Sulfate der Glasgalle und bedingt dadurch deren Verschwinden. Größere Mengen dieser Galle würden ein fehlerhaftes Glas verursachen.

Sind in dem Gemenge keine ungeschmolzenen Massen mehr erkennbar, so schreitet man zur Läuterung des Glases. Man läßt nun den Ofen noch heißer gehen, so daß die Glasmasse dünnflüssig wird. Durch dieses „Heißschüren" entweichen die Glasblasen aus dem Hafeninhalte, dieser geräth in lebhafte Bewegung, und dadurch wird eine gründliche Durchmischung der Masse erreicht. Um eine besondere lebhafte Bewegung der Glasmasse zu erzielen, wird mitunter auch mit einem frischen, grünen Holzscheite umgerührt, oder eine Kartoffel bis auf den Boden des Hafens eingestoßen. Das in dieser enthaltene Wasser verdampft und bringt die Gasmasse zu lebhaftem Aufwallen.

Enthalten endlich die aus den Hafen genommenen Proben keine Blasen mehr und lassen sie sich zu reinen knotenfreien Faden ausziehen, so ist dies das Zeichen, daß nun die Läuterung beendet ist und mit dem Abstehenlassen des Glases begonnen werden kann. Zu diesem Zwecke wird die Ofentemperatur erniedrigt, die Glasmasse wird zäher und dickflüssiger, nach ungefähr einer Stunde kann dann das Ausarbeiten beginnen.

Durch eine nicht sachgemäße Leitung des Schmelzprocesses können verschiedene Fehler des Glases bedingt werden. So besteht das „Wellig- und Ranzigwerden" in dem Auftreten von Bändern und Adern im Glase, welches dann auch stellenweise ein verändertes Lichtbrechungsvermögen besitzt. Es entsteht dadurch, daß dem fertigen Glase unverglasbare oder nur sehr schwer verglasbare Substanzen zugesetzt wurden, oder durch Abschmelzen der Hafenmasse, Abtropfen von Silicaten aus den Gewölben, oder endlich in Folge ungenügender Hitze und dadurch bedingter ungenügender Bewegung des Glases während des Schmelzens.

Eine zu hohe oder zu niedere Temperatur des Ofens während des Läuterns bedingt das „Blasig- oder Gipsigwerden"; „sandiges" Glas enthält kleine, weiße

Digitized by Google

Sandkörner, das „Krätzigwerden" wird durch eine beginnende Entglasung bedingt, welche eintritt, wenn die Ofentemperatur zu tief sinkt u. s. f. Seit der fast allgemeinen Einführung der Gasheizung vermag man jedoch die Temperatur in den Oefen weit besser zu reguliren, und dadurch wurde man überhaupt weit weniger abhängig von der Geschicklichkeit der Arbeiter, so daß jetzt auch solche und ähnliche Fehler immer seltener vorkommen, und jedenfalls leicht corrigirt werden können.

Je nach den Bestandtheilen und der chemischen Zusammensetzung des Glases können wir zwei Hauptclassen unterscheiden, und zwar:

1. Kalkgläser (bleifrei);
2. Bleigläser.

Dem Bleiglase steht das sogenannte „Wasserglas" sehr nahe, welches sich jedoch durch ganz andere physikalische Eigenschaften, vor allem durch seine Löslichkeit in Wasser von dem eigentlichen Glase unterscheidet. Wir werden daher dessen Bereitung am besten am Schlusse dieses Abschnittes besprechen.

Je nach der Art der Fabrikation, der Form und dem Zwecke kann man diese beiden Hauptclassen des Glases wieder in folgende Gruppen eintheilen:

1. Kalkgläser:
   a) Hohlglas. Hierher gehören Flaschen, Becher, Glasröhren, Glasstäbe, Uhrgläser und die gepreßten Glassorten;
   b) Tafelglas (Fenster- und Spiegelglas);
   c) Hartglas, durch besondere Operationen gehärtetes Glas.
2. Bleigläser:
   a) Krystallglas;
   b) Flint- oder optisches Glas;
   c) Straß;
   d) Buntglas;
   e) Besondere Erzeugnisse, wie Glasperlen, Filigran- und Millefioriglas, Eisglas, marmorirtes Glas, Glasmosaik u. s. w.

Es würde uns zu weit führen und den Rahmen dieses Buches bedeutend überschreiten, wollten wir uns eingehend mit der Anfertigung aller dieser Glassorten beschäftigen und vertraut machen.

Wir wollen uns vielmehr nur darauf beschränken, die typischen Vorgänge zu besprechen, umsomehr als doch nur die Herstellung des Glases selbst in das Gebiet der angewandten Chemie gehört, und seine Verarbeitung ein rein mechanischer Vorgang ist, den wir jedoch der Vollständigkeit halber und des Interesses wegen, welches er bietet, nicht übergehen können.

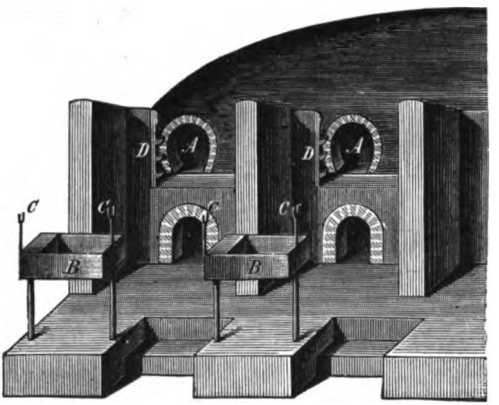
Das billigste und minderwerthigste Fabrikat der Glasindustrie sind die Glasflaschen, die alljährlich zu Millionen erzeugt werden. Zur Herstellung des Flaschenglases verwendet man die billigsten Rohmaterialien, gewöhnlich enthalten solche Gläser:



Digitized by Google

| | | | |
|---|---|---|---|
| Kieselsäure | 59 | bis | 60% |
| Eisenoxyd | 2·5 | „ | 4·4% |
| Manganoxyd | 0·4 | „ | 1·2% |
| Thonerde | 2·7 | „ | 8·0% |
| Magnesia | circa | | 7% |
| Kalk | 18 | „ | 24·7% |
| Kali und Natron | 3·1 | „ | 7·6%. |

Pfeife.




Arbeitsbühne.

Die großen Flaschenhütten bedienen sich fast ausschließlich der Wannenöfen, während die kleineren Hütten mit 10 bis 14 Hafen arbeiten; sie sind bei regelmäßigem Ofengange aber immerhin im Stande, im Monate gegen 120.000 Flaschen zu erzeugen. Eine besondere Specialität bildet die Erzeugung der Flaschen für moussirende Getränke, welche einen bedeutenden inneren Druck auszuhalten im Stande sein müssen. So vertragen Champagnerflaschen einen inneren Druck von 20 Atmosphären, ohne zu zerspringen, jede Flasche wird aber auch vor der Verwendung einer Prüfung unterzogen, ob sie diesen gewaltigen Druck auszuhalten vermag.

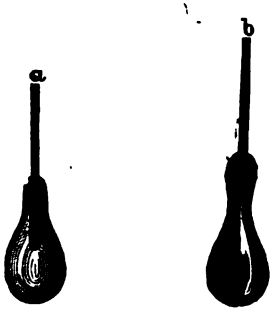
Die Werkzeuge des Glasmachers zur Herstellung von Flaschen sind die Pfeife, das Hefteisen und verschiedene Arten von Zangen und Scheren.

Walkholz.

Die Pfeifen sind 1 bis 1·7 m lang und bestehen aus einer circa 2 cm starken schmiedeeisernen Röhre A, welche in einem hölzernen, kürzeren Rohre B befestigt ist. Der Zweck dieses Holzrohres besteht darin, das Anfassen der Pfeife, die natürlich durch die Berührung mit der geschmolzenen Glasmasse sehr rasch heiß wird, zu ermöglichen. Am oberen Ende ist die Pfeife mit einem Mundstücke versehen, durch welches der Arbeiter Luft einbläst. Zu beiden Seiten des Ofens befindet sich 1 bis $1^1/_2$ m hoch über der Hüttensohle eine gemauerte und mit Brettern überdeckte Arbeitsbühne, die Rüstung, auf welcher die einzelnen Werkstätten angeordnet sind.

Digitized by Google

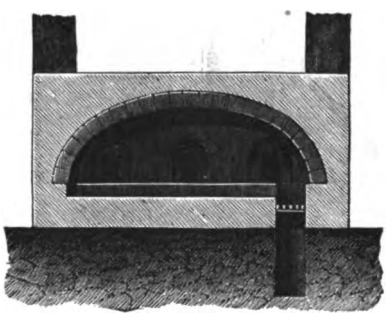
Die Abbildung auf Seite 418 veranschaulicht einen Theil einer solchen Arbeitsbühne, auf welcher der Glasmacher mit seinen Gehilfen theils stehend, theils sitzend arbeitet. AA sind die Arbeitslöcher, hinter welchen die Hafen stehen, DD die Schirmeisen, welche dazu bestimmt sind, beim Aufwärmen und Rotiren des Glases die Pfeife aufzunehmen. BB sind Wasserbehälter, in welchen die Pfeife und andere Geräthe gekühlt werden, und C endlich das Falleisen, welches als Stütze der Pfeife beim Bearbeiten des Glases dient. Zu Beginn der Arbeit wird das Ende der Pfeife etwas angewärmt und von dem Gehilfen in das flüssige Glas getaucht, so daß sich eine geringe Menge desselben an die Pfeife heftet. Durch mehrmaliges Drehen der Pfeife bleibt endlich eine genügende Quantität haften, und diese wird nun unter fortwährendem Drehen und Schwenken durch mäßiges Blasen zu einer kleinen, dickwandigen Kugel, dem sogenannten „Kölbl", erweitert. Sobald das Kölbl genügend fest geworden ist, wird es abermals in die Glasmasse getaucht und nun mit der „Motze" oder dem „Walkholze" bearbeitet, indem der Arbeiter die Pfeife in das Falleisen legt, sie dreht und gleichzeitig durch Andrücken des mit Wasser benetzten Walkholzes das Kölbl abkühlt, ausgleicht und rundet, wozu die Höhlung f des Walkholzes dient. Dann wird das Glas abermals etwas angewärmt und nun der „Glasposten" in das Falleisen gebracht. Indem jetzt der Arbeiter die Pfeife fortwährend dreht, von Zeit zu Zeit in die Pfeife bläst, und sich des unteren, rinnenförmigen Theiles G des Walkholzes bedient, ertheilt er dem „Kölbl" eine birnenförmige Gestalt, welche jedoch schon den Hals der Flasche erkennen läßt. Inzwischen hat sich die Glasmasse wieder abgekühlt, sie muß daher abermals angewärmt werden, dann wird sie weiter aufgeblasen, wobei der Arbeiter die Pfeife senkrecht hält und



Formen einer Flasche.
a Kölbl, b weitere Ausführung.

Form.

Formen einer Flasche.
a Hefteisen, c Abtrennen der Pfeife.


Kühlofen.



Digitized by Google

hin und her schwingt; dadurch wird die Glasmasse in die Länge gezogen. Nun kommt sie in eine thönerne oder eiserne Form, wird gedreht und aufgeblasen, wodurch ein, einer Flasche schon weitaus ähnlicheres Gebilde erhalten wird.

Einstich und Zange.

Die theilweise fertige Flasche wird jetzt aus der Form genommen, die Pfeife in das Falleisen gebracht und der Boden der Flasche mittelst eines stumpfen, abgerundeten Eisenstabes eingedrückt, in dieser Vertiefung wird das Hefteisen befestigt.

Das Hefteisen ist ein der Pfeife ähnliches Instrument, doch ist es kürzer als diese und nicht hohl. Der Kopf desselben wird in die Glasmasse getaucht und mittelst der geringen, daran haften bleibenden Glasmasse wird es in dem eingestülpten Boden der Flasche befestigt.

Um nun den Hals der Flasche zu formen, muß die Pfeife abgetrennt werden. Zu diesem Zwecke bringt der Glasmacher einige Tropfen Wasser auf den äußersten Rand des Flaschenhalses und führt einen kurzen Schlag auf die Pfeife aus, der Hals springt dann ab, und die Flasche haftet nur mehr an dem Hefteisen.

Model.

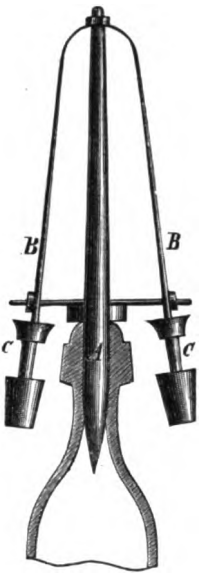
Jetzt wird der Hals der Flasche im Arbeitsloche angewärmt und rund geschmolzen, dann läßt der Arbeiter mittelst des Fadeneisens einen dicken Streifen geschmolzenes Glas auf den Hals fallen und dreht gleichzeitig die Flasche, so daß ein flacher Ring entsteht. Die Flaschenmündung wird dann gewöhnlich noch auf der Bank mittelst des Auftreibeisens etwas erweitert und dem Ringe mittelst der Ringelschere eine gleichmäßige Gestalt ertheilt.

Unterdessen hat der Gehilfe ein langes, an einem Ende glühendes Eisen, das Abtrageisen aus dem Kühlofen genommen, dessen heißes Ende er in die Flasche steckt. Gleichzeitig führt der Meister einen kurzen Schlag gegen das Hefteisen, wodurch dieses abspringt, und nun wird die fertige Flasche in den Kühlofen gebracht, wo sie langsam erkalten gelassen wird.

Das beschriebene Verfahren ist das einfachste und älteste, welches zur Herstellung von Flaschen Anwendung findet. Doch bedient man sich gewöhnlich ver-

Digitized by Google

besserter und vollkommenerer Werkzeuge, um die Flaschen so gleichmäßig und gleichartig als möglich zu gestalten. So wird der Boden der Flasche mit Hilfe des „Einstiches“ geformt, und an Stelle des Hefteisens bedient man sich einer federnden Zange, deren Schlußring a verstellbar ist, und deren federnde Backen B und C geöffnet werden können. Mit dieser Zange wird die Flasche am Körper erfaßt, der Schlußring angezogen und dann die Flasche von der Pfeife getrennt.

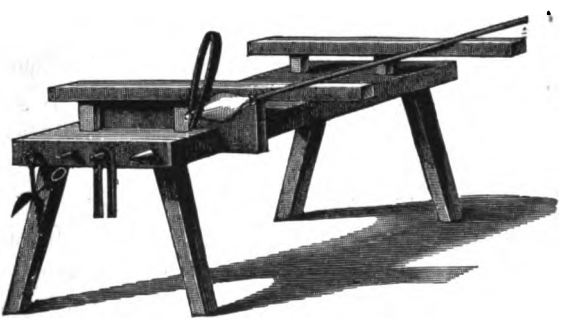


Zange zum Formen des Flaschenhalses.

Ferner verwendet man auch eiserne, zweitheilige Formen, die „Model“, in welchen die Flasche fertig geformt wird, so daß nur mehr der Hals nachgearbeitet zu werden braucht. Auch zu diesem Zwecke wurden besondere Geräthe construirt, es sind dies federnde Zangen, deren Spitze A in die Flaschenöffnung eingeführt wird. Durch Zusammendrücken der Arme BB legen sich die Rollen CC an den Flaschenhals an und formen diesen, wenn die Flasche auf der Bank gedreht wird.

Die Zeit, welche ein geübter Arbeiter zur Herstellung einer gewöhnlichen Flasche benöthigt, ist ungemein kurz, weitaus kürzer als wir zur Schilderung dieses Vorganges brauchten. Dabei wird kein Wort gesprochen, schweigend vollzieht der Meister und seine Gehilfen einen Handgriff nach dem anderen. Natürlich stehen stets mehrere Pfeifen in Verwendung, so daß die Arbeit ohne Zeitverlust und ohne Unterbrechung von Statten geht, und nur dadurch ist die große Leistungsfähigkeit selbst kleinerer Hütten erklärlich.

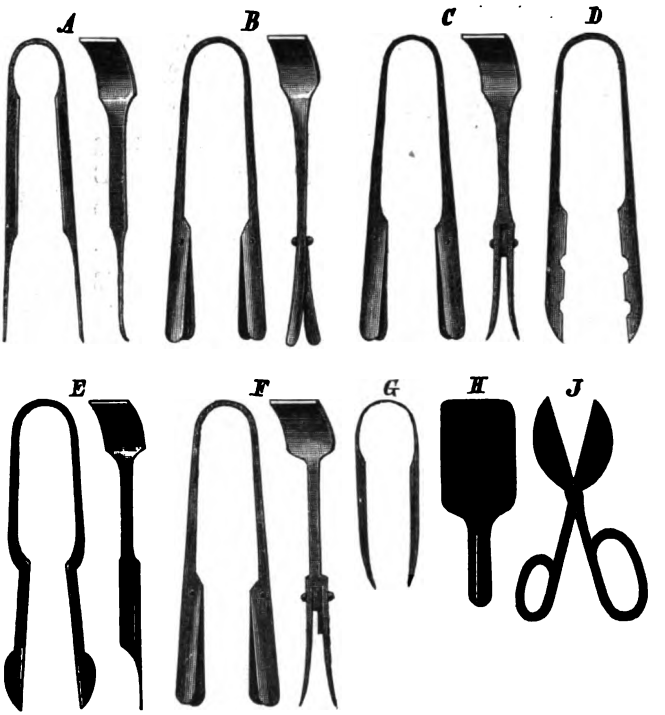
Zur Fabrikation des Weißhohlglases sind schon zahlreichere und mannigfaltigere Werkzeuge erforderlich, wie wenn es sich nur um Herstellung von Flaschen handelt. Zu diesen Werkzeugen gehört der Glasmacherstuhl, auf dem der Arbeiter sitzt, dann verschiedene Werkzeuge, wie sie die Abbildung auf Seite 422 zeigt. Außerdem bedient sich der Arbeiter zahlreicher Formen, welche nicht nur ein rascheres Arbeiten ermöglichen wie die reine Stuhlarbeit, sondern es auch gestatten, die Gegenstände weitaus schöner, scharfkantiger und glatter herzustellen.


Glasmacherstuhl.

Ein in der modernen Glasfabrikation sehr häufig geübtes Verfahren ist die Herstellung des Preßglases. Hier wird das erforderliche Glasquantum aus dem Hafen in die aus mehreren Theilen zusammengesetzte eiserne Form gebracht und mittelst eines Hebels ein Eisenkern in die flüssige Glasmasse

Digitized by Google

eingetrieben, so daß diese alle Theile der Form gleichmäßig ausfüllt. Meist werden die verschiedenen, durch Pressen erzeugten Glasgegenstände, welche mit Schliffnachahmung, Figuren, Blumen oder erhabenen Ornamenten verziert sind, noch durch Aetzung oder Bemalung verschönt. Wird die Herstellung des Preßglases in sachgemäßer Weise vorgenommen, so gelingt es auf diese Weise, sehr schöne und von geschliffenen nur schwer zu unterscheidende Gegenstände anzufertigen.



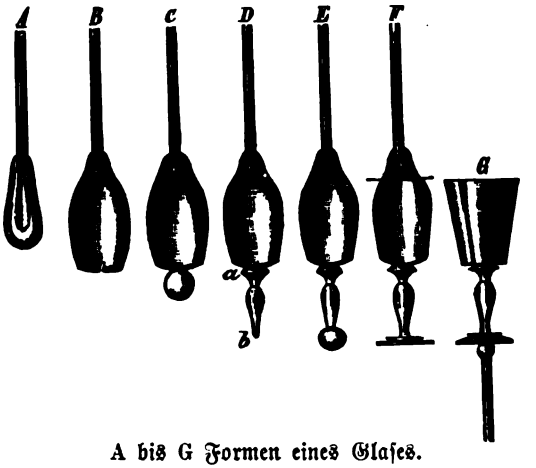

Werkzeuge zur Weißhohlglasfabrikation.

A Auftreibschere, B Patzelschere, C Bodenschere, D Scharfschere, E Ringelschere, F Gesimsbodenschere, G Zwickeisen, H Plätteisen, J gewöhnliche Schere zum Schneiden des Glases.

Muß die Geschicklichkeit der Arbeiter bei Anfertigung des Weißhohlglases schon eine sehr große sein, so wird sie in noch höherem Maße in Anspruch genommen, wenn es sich um die Herstellung von Tafelglas handelt. Dieses wird zunächst ebenfalls geblasen, und zwar wird mit Hilfe der Pfeife ein langer Cylinder, die „Walze", von entsprechendem Durchmesser hergestellt. Die Arbeiter stehen dann auf hohen Bühnen, deren Fußboden jedoch stellenweise offen ist. In diese „Schwenkgruben" wird die Pfeife gesenkt und der Cylinder ausgeblasen. Ist er vollendet, so wird sowohl der Boden wie auch das mit der Pfeife verbundene Ende abgesprengt, dann wird er der Länge nach aufgeschnitten und

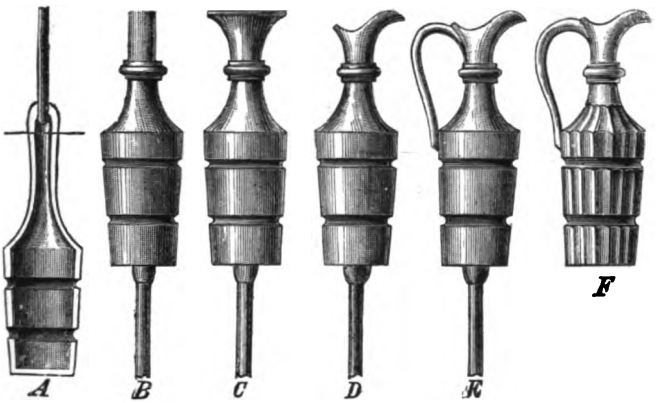
Digitized by Google

in den Streckofen gebracht. Hier herrscht eine so hohe Temperatur, als sie nöthig ist, um das Glas weich werden zu lassen; ist dies der Fall, so wird die Mantelfläche des Cylinders auf einer ebenen Fläche ausgebreitet, gestreckt und nun erkalten gelassen.




A bis G Formen eines Glases.

Völlig abweichend von diesem Verfahren wird das Spiegelglas verfertigt, und zwar werden besonders große Tafeln durch Gießen hergestellt. Die Glasmasse



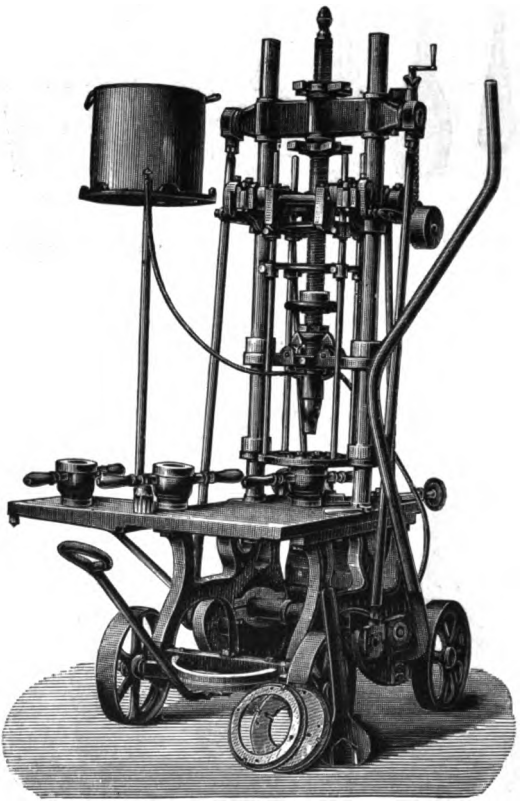

A bis F Formen eines Kruges.

wird in einem Hafen geschmolzen, dann in diesem aus dem Ofen genommen und auf dem Gießtische ausgegossen. Dieser (siehe die Abbildung Seite 426) besteht aus einer Bronzeplatte T, welche auf einem Wagen ruht und mit diesem verschoben werden kann. Vor Ausführung des Gußes wird der Tisch vorgewärmt und mit den Schienen NN belegt, durch welche die zu gießende Glasplatte begrenzt wird. Auf diese Schienen NN wird die hohle Bronzewalze F gelegt und vor diese die Vorlegeisen GG, deren

Digitized by Google

Aufgabe es ist, das Ueberfließen des Glases beim Vorwärtsschieben der Walze zu verhindern.

Ist alles vorbereitet, so wird der Hafen A mittelst eines Krahnes herbeigeschafft und auf die Gießplatte entleert. Gleichzeitig wird die Walze F vorwärtsgeschoben und durch ihren Druck die Glasmasse gleichmäßig ausgebreitet und vertheilt, die überschüssige Glasmasse fließt in den mit Wasser gefüllten Trog K.



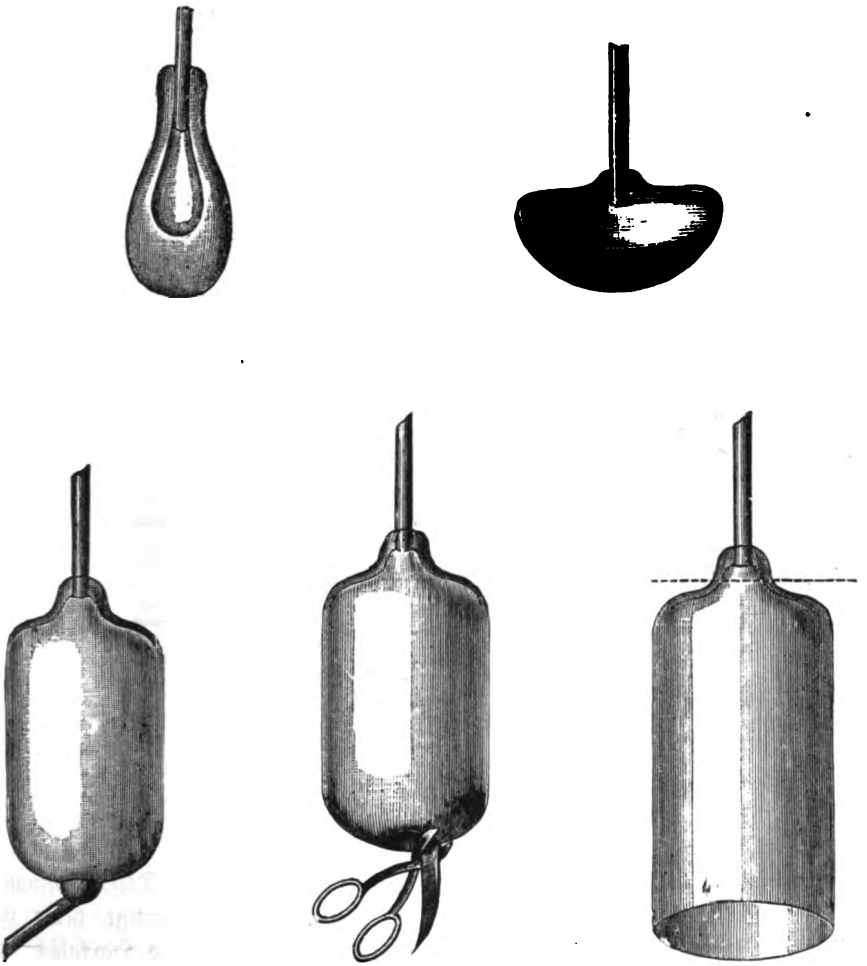
Glasschnellpresse.

Die Ausschnitte JJ dienen zur Aufnahme der Walze nach Fertigstellung der Platte. Schließlich wird diese in den Kühlofen gefahren und dort erkalten gelassen.

Ein eigenthümliches und interessantes Erzeugnis ist das sogenannte „Hartglas". Man kann Gegenstände aus diesem beliebig oft mit aller Kraft zu Boden schleudern oder an die Wand werfen, ohne daß sie zerbrechen, man kann Hartglas bis zur Rothglut erhitzen und in kaltes Wasser tauchen, ohne daß es trotz der raschen Abkühlung springt, man kann es kräftig mit dem Hammer bearbeiten u. s. f., kurz es verhält sich ganz anders wie gewöhnliches Glas, und besitzt durchaus nicht die diesem anhaftende sprichwörtliche Zerbrechlichkeit.

Digitized by Google

Das Hartglas wird in der Weise dargestellt, daß man die aus der gewöhnlichen Glasmasse und in der üblichen Art hergestellten Erzeugnisse rasch abkühlt. Dies geschieht entweder, indem man sie in ein Oel- oder Paraffinbad taucht, oder, wie bei dem Siemens'schen Verfahren, indem man das heiße Glas in eine ihm angepaßte Form bringt, welche durch kaltes Wasser gekühlt wird.



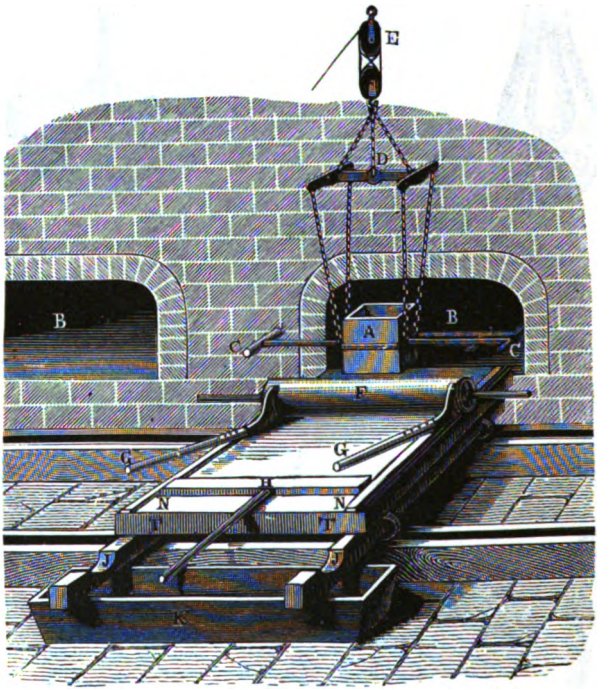
Herstellung der „Walzen" zur Tafelglaserzeugung.

Die Umwandlung der Eigenschaften des Glases, wodurch es die bedeutende Festigkeit und Widerstandsfähigkeit erhält, beruht einzig und allein in einer Veränderung der physikalischen Beschaffenheit seiner Oberfläche. In dem Augenblicke nämlich, in welchem der Glasgegenstand plötzlich abgekühlt wird, erstarrt die an der Oberfläche liegende Schicht, also zu einer Zeit, zu welcher die unteren Partien

Digitized by Google

noch zähflüssig sind. Nun kühlen sich zwar auch die inneren Theile rasch ab, da sie aber jetzt von einer festen Hülle umgeben sind, können sie sich nicht oder doch nur wenig zusammenziehen. In Folge dessen entstehen beträchtliche Spannungen zwischen den Glastheilchen im Inneren und der Oberfläche, die Glasmasse wird dichter und härter, gleichzeitig aber auch elastischer.

Das Hartglas wurde im Jahre 1874 von de la Bastie erfunden, und unmittelbar nachdem es bekannt wurde, knüpfte man die weitgehendsten Hoffnungen an diese Erfindung, die ja thatsächlich berufen erschien, eine vollkommene Um-



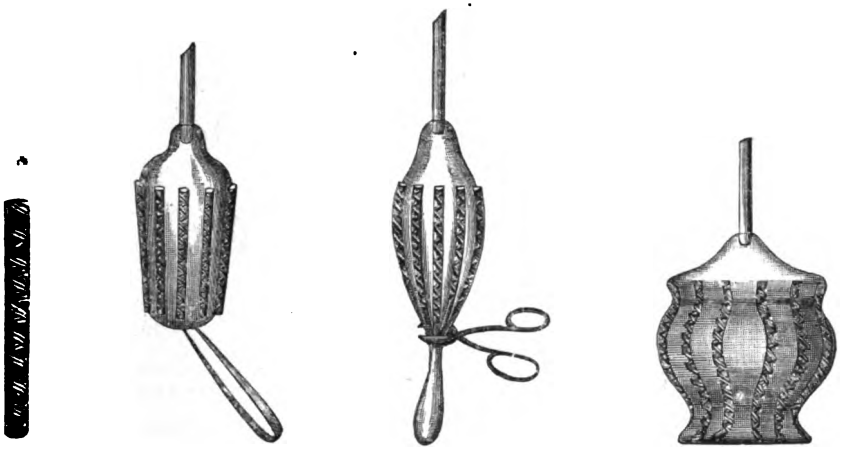

Vorrichtung zum Gießen des Tafelglases.

wälzung auf dem Gebiete der Glasindustrie zu bewerkstelligen. Diese Hoffnungen haben sich jedoch nur zum geringsten Theile erfüllt. Man verfertigt heute zwar Scheiben für Glashäuser und schwer zugängliche Oberlichten aus Hartglas, auch die Glascylinder für die Siemens'schen Regenerativbrenner, welche beim Anzünden und Auslöschen der Brenner bedeutende Temperaturschwankungen auszuhalten haben, werden gehärtet, zur Herstellung von Gebrauchsgegenständen, wie von Trinkgläsern, Flaschen u. s. f. ist das Hartglas jedoch leider nicht geeignet. Und zwar deshalb, da es häufig schon bei einer geringen Verletzung seiner Oberfläche, beispielsweise durch einen Ritz, welchen ein Sandkorn verursacht, unter einem explosionsartigen Geräusche zerstäubt. Dadurch wird nämlich das Gleichgewicht zwischen

Digitized by Google

der Spannung der äußeren und inneren Theilchen gestört, und nun folgen die einzelnen Molecüle ihrem inneren Drange, sich auszudehnen oder zusammenzuziehen, was natürlich mit einer vollständigen Zerstörung der Glasmasse und deren Zerfall in Staub verbunden ist. Ja man hat sogar beobachtet, daß Hartglas ohne sichtbare Ursache, vielleicht durch einen geringfügigen Temperaturunterschied in der gleichen Weise explodirte, und es ist begreiflich, daß man derart unberechenbare Objecte in einem Haushalte nicht verwenden kann.

Das Hartglas zeigt also die gleichen Eigenschaften wie die bekannten Glasthränen, welche in Staub zerfallen, wenn man die zu einem Faden ausgezogene Spitze abbricht. Auch diese Spielerei wird durch rasche Abkühlung hergestellt, indem man einen Tropfen flüssige Glasmasse in Wasser fallen läßt. — —



Herstellung von Millefioriglas.

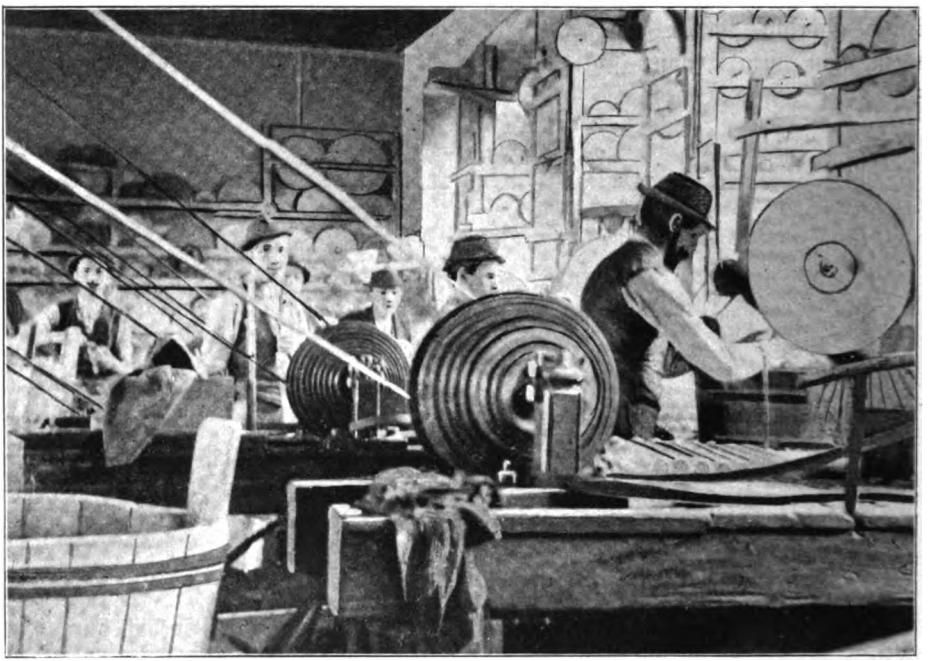
Eine schon im Alterthum bekannte und besonders in Venedig zur hohen Kunst gebrachte Glastechnik ist die Herstellung des Millefiori- oder Tausendblumenglases. Solche Gläser zeigen in der Glasmasse eine prächtige, vielfarbige Musterung. Krüge oder Vasen, in dieser Technik ausgeführt, gewähren vermöge ihrer Vielfarbigkeit und der Zierlichkeit der Zeichnung einen prächtigen Anblick, und es ist daher begreiflich, daß solche Erzeugnisse, wenn sie mit Geschick und Geschmack ausgeführt werden, hohe Preise erzielen.

Die Herstellung desselben ist jedoch verhältnismäßig einfach. Wird beispielsweise an einen aus farblosem Glase verfertigten Glasstab ein dünner, rother Glasstab der Länge nach angelegt, werden beide Stäbe bis zum Erweichen erwärmt und nun umeinander gedreht, so erhält man ein schraubenförmiges, weiß und rothes Gebilde. Je nachdem man nun Stäbe von theils rundem, theils polygonalem Querschnitte verwendet, die verschiedene Farben besitzen, und sie geschmackvoll gruppirt, kann man in der angegebenen Weise Glasstäbe in den reizendsten Mustern herstellen, die dann zur Verzierung von Gefäßen u. s. f. verwendet

Digitized by Google

werden. Auch geht man in der Weise vor, daß die farbigen Glasstäbchen in eine Hohlform regelmäßig eingelegt und erwärmt werden, worauf man den zu verzierenden, ebenfalls erwärmten Gegenstand einführt. Die Stäbchen kleben dann fest und werden nochmals mit weißem Glase überfangen, worauf der Gegenstand vollendet und wenn erforderlich, abgeschliffen wird. Auf diese und ähnliche Weise lassen sich aus farbigem Glase die reizendsten Objecte herstellen.

Es würde uns zu weit führen, wollten wir alle in der Glasfabrikation zur Anwendung gelangenden Techniken auch nur oberflächlich besprechen. Wir wenden



Glasschleiferei.
(Glashütte „Eugenia" bei Schrems.)

uns nun vielmehr den verschiedenen Verfahren der Verzierung der Gläser zu, dem Schleifen und Aetzen, der Glasmalerei u. s. f.

Das Verzieren der Gläser durch Schleifen war schon den alten Völkern bekannt, allerdings hat man auch auf diesem Gebiete erst in den letzten Decennien eine wohl unübertreffliche Vollkommenheit erreicht. Das Schleifen geschieht mit Hilfe von Scheiben, welche theils um eine horizontale, theils um eine verticale Achse rotiren, die Scheiben sind je nach dem Zwecke, welchem sie zu dienen haben, ob es sich nämlich um die Herstellung eines rauhen Schliffes, eines solchen von größerer Feinheit oder endlich um das Poliren handelt, aus Gußeisen oder Kupfer verfertigt. Das Feinschleifen geschieht unter Verwendung eines feinen Sandes;

Digitized by Google

zum Poliren werden Scheiben aus Holz verwendet, auf welche man Schmiergelpulver oder Zinkweiß aufträgt.

Die Schleifräder werden durch Wasser- oder Dampfkraft angetrieben, oberhalb jedes Rades befindet sich ein trichterförmiger Becher, aus welchem Wasser mit Sand gemengt auf die Kante des Rades tropft. Dabei drückt der Arbeiter den Gegenstand gegen die Kante des Rades und bewegt ihn, der Zeichnung folgend, weiter, das Schleifrad schneidet dann eine Furche in die Glasoberfläche ein.

Die schönsten und künstlerisch werthvollsten Objecte werden durch das

Graviren von Glasgegenständen.
(Glashütte „Eugenia" bei Schrems.)

Graviren hergestellt, sie zeichnen sich durch die Feinheit der Linien aus, bei denen der Schatten und die Zeichnung als tiefes Matt mit dem hellsten Glanze des Lichtes wechselt. Auch diese Arbeit wird mit Hilfe von Schleifrädern ausgeführt, diese sind aus Kupfer oder Blei verfertigt und besitzen einen sehr kleinen Durchmesser, der nur selten mehr als 6 cm beträgt. Als Hilfsmittel benützt man ferner mit Oel verriebenes Schmiergelpulver.

Was man auf diesem Gebiete der Glasverzierung zu leisten vermag, zeigt in der glänzendsten Weise die Firma Lobmeyr in Wien, deren gravirte und von Künstlern entworfene Glasgegenstände auf allen Kunstausstellungen mit vollem Rechte bewundert werden.

Digitized by Google

Ein weit billigeres Verfahren zur Verzierung von Glasgegenständen als es der Schliff und die Gravirung ist, besteht in der Anwendung des Sandstrahles. Dieses Verfahren wurde im Jahre 1871 von dem Ingenieur Tilghman in

Geschliffene und gravirte Gefäße aus Krystallglas.
Entworfen und ausgeführt von J. und L. Lobmeyr in Wien.

Philadelphia zuerst in Vorschlag gebracht und bald derart verbessert, daß es allgemein angewendet werden konnte. Tilghman hatte nämlich die Beobachtung gemacht, daß der feine Sand, welchen der Wind am Meeresstrande aufwirbelt, die Oberfläche blanken Glases sehr rasch mattirt, und er beschloß, zu versuchen, diesen Vorgang für die Praxis nutzbar zu machen. Zu diesem Zwecke construirte

Digitized by Google

er eine Gebläsemaschine, welche feinen Sand durch ein Rohr ausstieß. Wurde eine Glastafel etwa 2 bis 3 cm entfernt von diesem Rohre gehalten, so war innerhalb einer halben Minute ihre Oberfläche matt.

Dieser Vorgang wird nun angewendet, um die Oberfläche von Glasgegenständen mit den verschiedenartigsten Verzierungen zu versehen. Zu diesem Zwecke schneidet man die auf das Glas zu übertragende Zeichnung oder das Ornament aus Blech aus und befestigt diese Schablone auf dem Glase, das dem Sandstrahle ausgesetzt wird. Der Sand trifft dann nur die nicht von der Schablone

Gravirte Glasschlüssel, ausgeführt von J. und L. Lobmeyr in Wien.

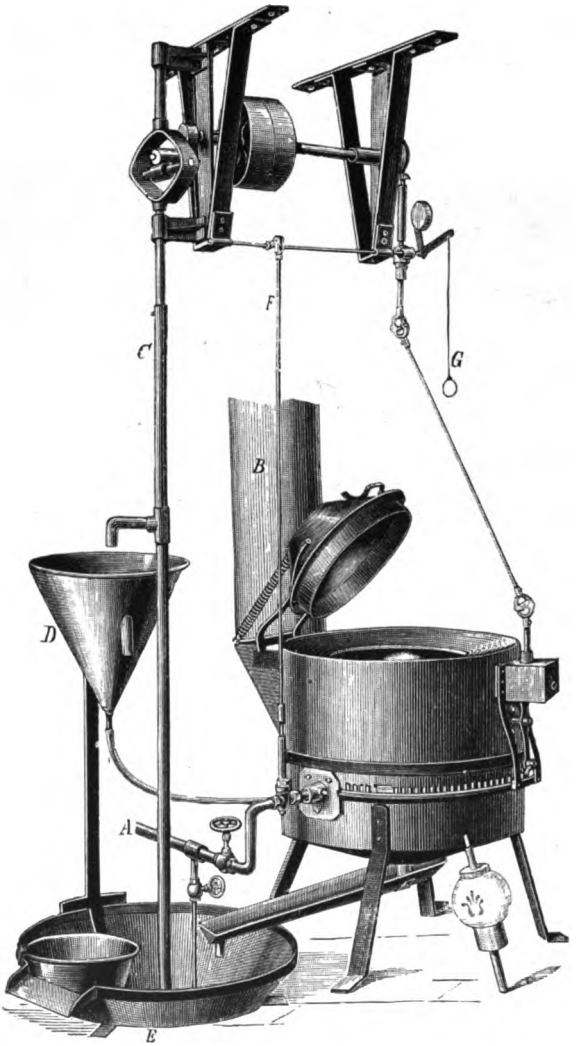
bedeckten Stellen und rauht diese auf, so daß die Zeichnung matt auf der sonst glatten Oberfläche des Glases erscheint. An Stelle der Schablonen kann man auch das Muster oder die Zeichnung mit Farbe auftragen, an jenen Stellen, an welchen das Glas mit Farbe bedeckt ist, vermag der Sand nicht anzugreifen.

Diese Technik gestattet die Herstellung sehr schöner Verzierungen, sowie das rasche Mattiren von Glasgegenständen, so daß sie heute in ausgedehntem Maße angewendet wird.

Die modernen Sandstrahlgebläse arbeiten nicht mehr mit comprimirter Luft, sondern der Sand wird von einem Dampfstrahle gegen die Oberfläche des Glases

Digitized by Google

geworfen. Die untenstehende Abbildung veranschaulicht eine solche Vorrichtung. Feiner Sand wird mit warmem Wasser zu einem Brei angerührt und in den trichterförmigen Behälter E gebracht, von wo das Pumpwerk C diesen Schlamm nach dem Behälter D hebt; durch den Kautschukschlauch fließt er nach dem Dampfrohre A. Hier wird der Brei von dem Dampfstrahle mitgerissen und gegen den im Inneren des runden Kastens befindlichen Glasgegenstand geschleudert. Der Glasgegenstand ist an einer Welle mit Kugelgelenken befestigt, es wird ihm dadurch eine Beweglichkeit nach zwei Richtungen ertheilt, so daß alle Stellen von dem Sandstrahle getroffen werden. Durch einen unterhalb des Apparates angebrachten Canal fließt der Sandbrei wieder nach dem Behälter E zurück, um neuerdings verwendet zu werden. Durch das breite Rohr B wird der Dampf abgeleitet. Der Sandzulauf kann mit Hilfe der Ausrückvorrichtung GF beliebig aus- und eingeschaltet werden.



Sandstrahlgebläse.

Ein weiteres Verfahren zur Decorirung von Glasgegenständen beruht auf der Anwendung der Aetzwirkung der Flußsäure. Die Eigenschaften und die Darstellung derselben haben wir schon kennen gelernt. Wie wir wissen, ätzt gasförmige Flußsäure glanzlos und matt, wässerige dagegen glänzend und blank, man hat es demnach in der Hand, je nachdem man mit dem einen oder dem anderen Präparat arbeitet, verschieden aussehende Aetzungen hervorzubringen.

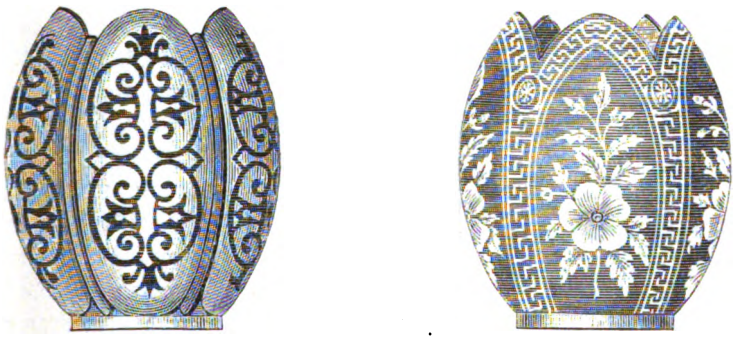
Die Wirkung der Flußsäure beruht darauf, daß sie zersetzend auf die Silicate des Glases einwirkt, und diese theils in gasförmige, theils in wasserlösliche Ver-

Digitized by Google

bindungen überführt, daß sie also die Glasmasse zerstört. Man kann mit Hilfe der Flußsäureätzung Zeichnungen, Ornamente ꝛc. auf das Glas übertragen, und dasselbe dadurch in ebenso zarter wie geschmackvoller Weise decoriren.

Jene Stellen des zu verzierenden Glasgegenstandes, welche von der Flußsäure nicht getroffen werden sollen, werden mit einem indifferenten Stoffe, gewöhnlich mit Wachs überzogen, und aus diesem dünnen Wachsüberzuge wird das Ornament ausgekratzt. Doch wäre diese Art der Anbringung der Zeichnung viel zu zeitraubend und umständlich, wenn es sich um Herstellung von Gebrauchsgegenständen, welche durch Aetzung verziert werden sollen, handelt. Man überträgt daher die Zeichnung mit Hilfe einer Schablone, oder benützt Abziehbilder, welche mit einer der Einwirkung der Flußsäure widerstehenden Farbe bedruckt sind.

Eine ganz eigenthümliche Verzierung erhält das Glas durch Bemalung, eine Kunst, die schon seit dem 11. Jahrhunderte geübt wird, später in Verfall gerieth



Verzierungen, hergestellt mit Hilfe des Sandstrahlgebläses.

und erst in jüngerer Zeit wieder zu neuem Leben erweckt wurde. Wir haben es hier mit einer Kunst im vollsten Sinne des Wortes zu thun; wenn wir sie an dieser Stelle kurz zu besprechen beabsichtigen, so geschieht dies aus dem Grunde, da sie ebenfalls „angewandte Chemie" ist, und ihre Technik dem Chemiker vieles, wenn nicht alles zu verdanken hat.

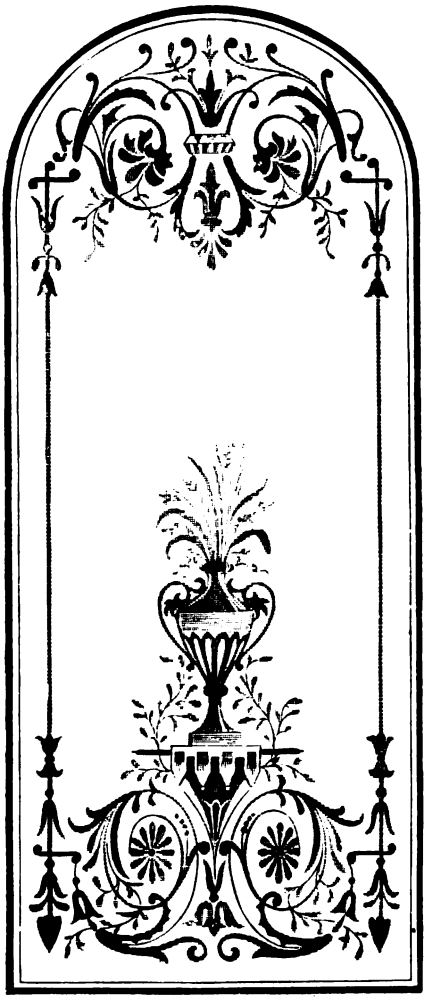
Die erste Anwendung farbiger Gläser zur Herstellung von Fenstern erfolgte zu Rom im 9. Jahrhunderte. Man stellte farbige Gläser in einer dem Auge angenehmen Reihenfolge zusammen und verband sie durch Bleistreifen. Später fügte man dann die einzelnen Glastafeln in einer der Mosaik ähnlichen Weise zusammen, und endlich lernte man, durch Zusammensetzen farbiger Gläser Bilder und Gemälde herzustellen. Dazu bediente man sich jedoch immer nur farbiger Glasstücke, erst viel später lernte man es, diese überdies mit verglasbaren Farben, welche in das Glas eingebrannt wurden, zu bemalen und zu schattiren, und von diesem Zeitpunkte ab kann erst von einer Glasmalerei im eigentlichen Sinne des Wortes die Rede sein.

Allerdings war man zu jener Zeit in der Bereitung der Schmelzfarben, welche zur Bemalung des Glases dienen können, noch sehr weit zurück, und eigentlich stand



Digitized by Google

dem Künstler nur eine einzige Farbe, das sogenannte „Schwarzloth", eine bräunlich-schwarze Deckfarbe, zu Gebote. Auch die Technik selbst ließ noch sehr viel zu wünschen übrig. Der Künstler war zu jener Zeit nicht nur sein eigener Cartonzeichner und Farbenreiber, sondern er mußte sich auch das Glas selbst herstellen und zuschneiden.



Geätztes Fenster im Stile Ludwig XVI.

Hatte er die farbigen Gläser erzeugt, so ging er, wie uns Theophilus Presbyter in seiner aus dem 11. Jahrhunderte stammenden Schrift „Diversarum artium schedulae" berichtet, an die Vorarbeiten des Bemalens. Zunächst verfertigte er eine hölzerne Tafel von der Größe des beabsichtigten Fensters, dann wurde über ihre ganze Fläche Kreide geschabt, diese mit Wasser angefeuchtet, gleichmäßig vertheilt und trocknen gelassen. Auf dieser Tafel wurden die Umrisse des Bildes entworfen und die einzelnen Farben durch Buchstaben angedeutet. Nun belegte man die verschiedenen Felder mit entsprechend großen Glasstückchen und zeichnete auf diesen die durchschimmernden Umrisse des Bildes mit weißer Farbe nach, dann wurden, diesen Umrissen folgend, die Gläser mit glühenden Eisen abgesprengt und die Ränder geglättet. Erst bis diese Vorarbeiten erledigt waren, konnten die einzelnen Stücke zusammengesetzt und bemalt werden.

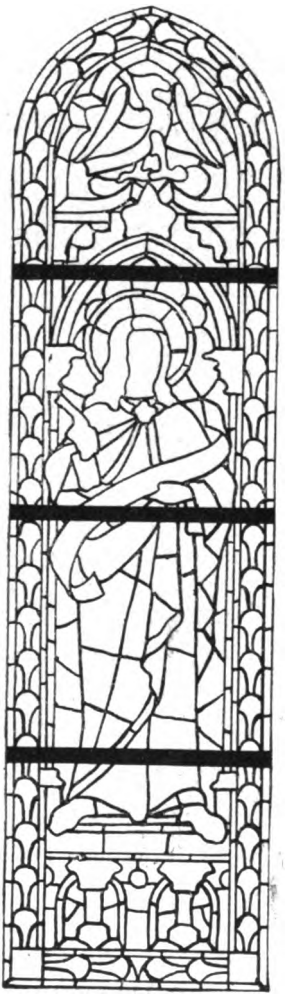
Die Farbe, das erwähnte „Schwarzloth", bestand aus Kupferasche und blauem und grünem Bleiglase, damit zeichnete der Maler die Conturen des Cartons nach und schattirte durch sorgfältige Schraffirung. Jene Stellen, welche hell bleiben sollten, wurden überhaupt nicht mit Farbe bedeckt. Auf den Gewändern und an anderen Stellen wurden damastartige Verzierungen in der Weise angebracht, daß sie mit einer dünnen Schicht Farbe überdeckt und dann mit einem Radirhölzchen ausgekratzt wurden, so daß das Glas wieder zu Tage trat.

Das Einbrennen der Farben wurde in höchst primitiven Oefen ausgeführt, endlich wurden die einzelnen Stücke mit Hilfe der Zeichnung auf dem Holzbrette in Ordnung gebracht und durch Bleistreifen verbunden.

Digitized by Google

Erst im 15. Jahrhunderte haben wir einen bedeutsamen Fortschritt in der Kunst der Glasmalerei zu verzeichnen. Die Glashütten stellten jetzt auch schon das sogenannte „Ueberfangglas“ her, welches aus zwei innig miteinander verbundenen, jedoch ver-

Farbenskizze.



Bleiriß.

schiedenfarbigen Schichten bestand. Dieses Glas brachte dem Maler viele Vortheile, welche er mit Geschick für seine Zwecke auszunützen wußte. Es war klarer und zarter im Tone, und besaß — was eigentlich als Unvollkommenheit in der Technik seiner Herstellung zu bezeichnen ist — an manchen Stellen dunkle Schattirungen, es war



Digitized by Google

„geflammt." Dies wußte aber der Künstler für seine Zwecke auszunützen, indem er beispielsweise solche Glasstücke zu Gewändern benützte.

Ueberdies gestatteten es jedoch auch solche Ueberfanggläser, alle Mischfarben in reichen Abtönungen herzustellen, ferner konnte man zarte ornamentale Details aus dem farbigen Ueberfangglase herausschleifen, und das farblose Glas zum Vorschein bringen. Diese Stellen wurden dann gewöhnlich noch hintermalt. Außer dem

Zerschneiden, Zusammensetzen und Verbleien des Glases.
(Glasmalerei Didden & Busch in Berlin.)

Schwarzlothe standen dem Künstler nun schon zahlreiche Farben zur Verfügung, die Construction der Brennöfen war wesentlich verbessert worden, und endlich wurde in dieser Zeit auch die Eignung des Diamants zum Glasschneiden erkannt und angewendet.

Im 17. Jahrhunderte begann jedoch eine Periode des Verfalles der Glasmalerei. Die zahlreichen Kriege entzogen ihrer weiteren Entwickelung den Boden, viele Verfahren geriethen in Vergessenheit, und endlich hatte man auch in der Glasfabrikation bedeutende Fortschritte gemacht; man hatte gelernt, farbloses Glas

Digitized by Google

in größeren Stücken herzustellen, so daß man sich lieber dieses, als bemalter Fenster bediente.

Auch aus dem 18. Jahrhunderte können wir nur Unerfreuliches über die Glasmalerei berichten. Sie gefiel sich in schreienden, unschönen Farben und unnatürlichen Zeichnungen, und hatte den ganzen Reiz verloren, durch welchem uns alte und trotz ihrer Unbeholfenheit dem Auge wohlthuende Glasmalereien heute noch anmuthen.

Conturiren und Malen des Glases.
(Glasmalerei Didden & Busch in Berlin.)

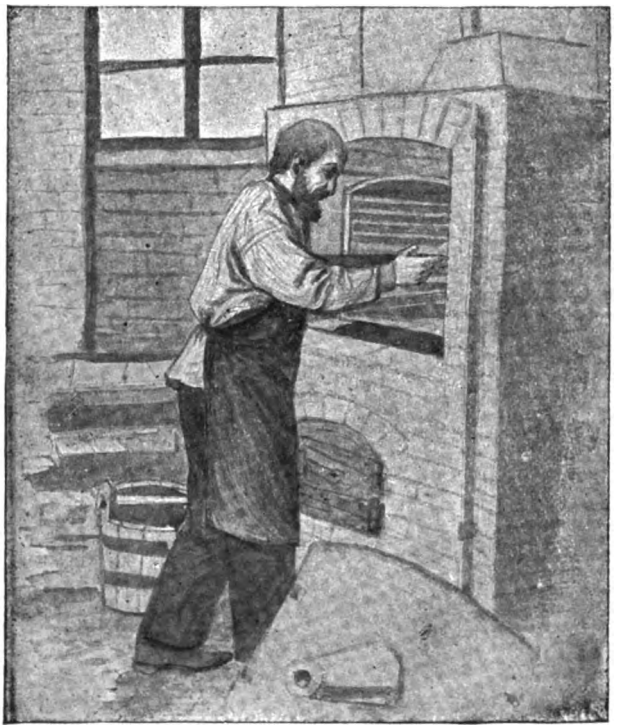
Eine Wendung zum Besseren trat erst im 19. Jahrhunderte ein. Man kann jedoch sagen, daß die Glasmalerei neuerdings erfunden wurde, und einen mächtigen Anstoß erhielt sie durch die in diese Zeit fallende Entwickelung der Porzellanmalerei, mit welcher sie auch große Aehnlichkeit besitzt. Da wir die Grundzüge dieser Kunst schon kennen gelernt haben, können wir uns wohl mit der Besprechung der Glasmalerei selbst etwas kürzer fassen.

Die in der Glasmalerei zur Verwendung kommenden Farben sind Oxyde verschiedener Metalle, sie werden mit Flußmitteln — es sind dies sehr leichtflüssige Gläser — zusammengeschmolzen, die Schmelze wird gepulvert und mit einem Oele zur Farbe angerieben. So dient Kobaltoxyd zur Erzeugung der blauen Farbe, Verbindungen des Antimons, dann chromsaures Blei oder Uranoxyd liefern gelbe Farben, Grün wird durch Chrom- oder Kupferoxyd erzeugt, kurz und gut, dem modernen Glasmaler stehen alle Farben in allen möglichen Abstufungen zur Verfügung. Sie zeichnen sich aber nicht nur durch große Farbenpracht aus, sondern auch dadurch, daß sie allen Witterungs-

Digitized by Google

einflüssen Stand zu halten vermögen und an ihrer Schönheit keine Einbuße erleiden.

Wenn auch die Glasmalerei ihren Ursprung, wie wir oben angedeutet haben, eigentlich in der Kunstglaserei gefunden hat, und von allen anderen Künsten am nächsten mit der Mosaik verwandt ist, so vereinigt sie doch die höchsten Kunstäußerungen dieser beiden Handwerke in sich und schließt sich überdies noch innig an die Architektonik an. Ihren vollen Werth erhält sie aber wohl erst dann, wenn der Maler, der aber ein echter Künstler sein muß, seinem Werke Leben, Kraft und Schönheit einhaucht. Es müssen also gar verschiedene Factoren zusammen arbeiten, ehe ein künstlerisch vollendetes Glasbild entsteht, und neben den verschiedenen technischen Schwierigkeiten, welche überwunden werden mußten, stand der Glasmalerei lange Zeit hindurch ein Hindernis entgegen, das empfindlich hemmend auf ihre Entwickelung einwirkte: das Vorurtheil. Der Glasmaler galt nämlich nicht für voll, seine Thätigkeit nicht als Kunst, sondern nur als Kunsthandwerk. Heute denkt man allerdings anders darüber, und zu welcher Vollkommenheit es die moderne Glasmalerei gebracht hat, das zeigen uns am besten die verschiedenen Abbildungen, die wir der bekannten Glasmalerei von Didden & Busch in Berlin verdanken.



Einbrennen der Farben.
(Glasmalerei Didden & Busch in Berlin.)

Der Vorgang, welcher bei der Herstellung von Glasgemälden eingehalten wird, ist folgender. Zunächst entwirft der Künstler von dem anzufertigenden Kunstwerke eine kleine Farbenskizze, und nach diesem Entwurfe zeichnet er dann auf Papier oder Leinwand den Carton in der gleichen Größe, in welcher das Fenster ausgeführt werden soll.

Durch diese Zeichnung in Originalgröße entstehen zahlreiche Felder von verschiedener Gestalt, und diese werden nun zunächst, je nachdem sie nur in einer

Digitized by Google

oder in verschiedenen Farben ausgeführt werden sollen, ungetheilt gelassen, oder den verschiedenen Farben entsprechend untertheilt. In die einzelnen Felder wird dann, gewöhnlich durch Ziffern, die Farbe oder die Farbennuance der Glasscheibe, welche für die betreffende Stelle zugeschnitten werden soll, eingetragen, ebenso werden jene Stellen, welche mit figürlichen Darstellungen versehen werden sollen, oder an welche Wappenbilder ꝛc. zu kommen haben, besonders bezeichnet.

Bleiziehen.
(Glasmalerei Didden & Busch in Berlin.)

Bei complicirteren und besonders sorgfältig auszuführenden Arbeiten wird überdies noch ein zweiter Carton, der „Bleiriß", gezeichnet, der jedoch nur die Umrisse des Bildes, beziehungsweise jene Stellen, die von dem Bleinetze überdeckt werden sollen, darstellt.

Nun kommt die Reihe an den Kunstglaser. Dessen Aufgabe ist es, an der Hand des Cartons die erforderlichen Stücke farbigen Glases in der aus dem Cartone zu entnehmenden Farbe und Gestalt anzufertigen. Er copirt zu diesem Zwecke den Carton genau, zerschneidet die Copie, den einzelnen Feldern entsprechend in ihre Theile, und fertigt nach diesen die Glasstücke an. Da diese jedoch durch Bleistreifen miteinander verbunden werden müssen, ist es nöthig, sie etwas kleiner auszuschneiden als es die Zeichnung erfordert, da eben zwischen den einzelnen Theilen noch der Bleistreifen Platz finden muß.

Die einzelnen Theile wandern nun wieder in das Atelier des Malers, der sie bemalt, schattirt, conturirt u. s. f. Dann werden die Farben eingebrannt, wozu man sich besonderer Oefen bedient. Natürlich darf die Temperatur in diesen nie so hoch steigen, daß das Glas zu erweichen anfängt. Darauf muß auch bei der

Digitized by Google

Herstellung der Farben Rücksicht genommen werden, indem man sie in solcher Weise zusammensetzt, daß sie schon bei sehr mäßiger Temperatur schmelzen.

Sind die einzelnen Stücke fertig gebrannt und langsam erkaltet, so werden sie zusammengesetzt und durch Bleistreifen verbunden, „verbleit". Dies geschieht mit H-förmigen Bleistreifen, welche in einer aus zwei Preßwalzen bestehenden Vorrichtung, dem „Bleizug" angefertigt werden. Je zwei Glasstücke werden mit Hilfe dieser Bleiruthe zusammengefügt, die Ränder derselben werden fest an das Glas angedrückt und die Verbindungsstellen verlöthet. Endlich werden alle Fugen noch mit einem Kitt verstrichen, und dadurch, sowie durch die Verbleiung ist, wenn diese sorgfältig ausgeführt wurde, die Haltbarkeit der Glasgemälde verbürgt.

Glasmalerei.
(Aus dem Atelier Didden & Busch in Berlin.)

Dies ist in großen Umrissen die Technik der Glasmalerei. Ursprünglich nur in Klöstern geübt und zur Verzierung von Kirchen angewendet, hat das Glasgemälde nun auch Eingang in Paläste und selbst bescheidenere Behausungen gefunden. Während man früher Glasgemälde im Allgemeinen nur dort anbrachte, wo eine unerfreuliche Aussicht zu verdecken war, werden sie jetzt auch als beliebte Schmuckstücke in Salons und Speisesälen verwendet, und die Zeit ist wohl nicht mehr gar ferne, in der wir uns ein Zimmer nicht wohnlich und behaglich denken werden können, welches des Schmuckes gemalter Scheiben entbehrt. — —

Schließlich wollen wir noch zwei Arten der Glasverzierung kurz besprechen, welche häufig zur Anwendung gelangen, und die Erzielung sehr schöner Wirkungen gestatten. Es sind dies das sogenannte Eis- oder Craquéléglas und die ähnlich einer Seifenblase in allen Farben des Regenbogens schillernden irisirenden Erzeugnisse.

Um Eisglas herzustellen genügt es, den Glasposten einer sehr unsanften Behandlung zu unterziehen: er wird im glühenden Zustande in kaltes Wasser

Digitized by Google

getaucht. Dann ist er von zahllosen Rissen und Sprüngen durchzogen, die aber bei neuerlichem Anwärmen wieder verschmelzen, wobei auf der Oberfläche des Gegenstandes eisblumenähnliche Gebilde entstehen. Diese Art der Herstellung des Eisglases wird aber heute nur mehr selten geübt. Man verfährt vielmehr in der Weise, daß der noch weiche Glasposten in grobem Glaspulver gewälzt wird. Das anhaftende Glaspulver wird an der Arbeitsöffnung aufgeschmolzen, der Glasposten überdies noch in Wasser abgeschreckt, und endlich in der Form aufgeblasen oder gepreßt.

Irisirende Gläser waren schon zur Zeit Kaiser Hadrian's bekannt. Es handelte sich aber hier nicht um römische Erzeugnisse, sondern um Gläser, welche ägyptischen Gräbern entstammten, und aller Wahrscheinlichkeit nach hatte das Schillern und der Farbenwechsel dieser Gläser die gleiche Ursache wie das Zustandekommen dieser Erscheinung an alten, lange Zeit in der Erde gelegenen Gläsern überhaupt. Dann findet nämlich an der Oberfläche eine Verwitterung und Zersetzung der Glassubstanz statt, die das Auftreten der Regenbogenfarben verursacht. Auch an alten Stallfenstern können wir die gleiche Beobachtung machen; hier bewirkt eben das sich in Ställen in reichlicher Menge entwickelnde Ammoniak die Zersetzung, die man auch künstlich herbeiführen kann, wenn man Glas unter einem Drucke von drei bis vier Atmosphären mit verdünnter Salzsäure erhitzt.

Zur Herstellung der zarten, irisirenden Trinkgläser und ähnlicher Erzeugnisse benützt man jedoch ein anderes Verfahren. Man setzt nämlich die noch heißen Gegenstände den Dämpfen einer erhitzten Mischung von salpetersaurem Baryt, salpetersaurem Strontium und Zinnchlorür aus, die Einwirkung darf aber nur wenige Secunden dauern. Die Oberfläche solchen Glases ist vollkommen blank, während alte Gläser, die die gleiche, durch Zersetzung der Glasmasse zu Stande gekommene Erscheinung zeigen, sich rauh anfühlen. Welche Veränderungen durch die Einwirkung der Dämpfe der genannten Chemikalien bewirkt werden, ist noch nicht mit voller Sicherheit ermittelt. Aller Wahrscheinlichkeit nach dürfte es sich aber auch hier um nichts anderes handeln, als um eine Zerstörung der gleichartigen Beschaffenheit der Oberfläche, um eine theilweise „Entglasung".

Ein eigenthümlicher Körper, der in der Technik zu vielen Zwecken angewendet wird, ist das sogenannte Wasserglas. Im chemischen Sinne ist es eine Verbindung von Kieselsäure mit Natron oder Kali, welche die Eigenschaft besitzt, sich in Wasser zu lösen. Auch die meisten Glassorten werden von Wasser, besonders von kochendem Wasser angegriffen und gelöst, doch sind es, wenigstens bei besseren Gläsern, immer nur wenige Milligramme, welche durch stundenlanges Kochen in Lösung gebracht werden. Ganz anders verhält sich aber das Wasserglas, es ist in Wasser vollkommen löslich, und die Lösung trocknet, in dünner Schicht ausgestrichen, binnen kurzer Zeit zu einer glasähnlichen Masse ein, welche ziemlich hart ist, und auch die Fähigkeit besitzt, mineralische Substanzen innig miteinander zu verbinden. Von dieser Eigenschaft macht man bei der Fabrikation der sogenannten Kunststeine Gebrauch, außerdem dient das Wasserglas auch zur Imprägnirung feuergefähr-

Digitized by Google

licher Gegenstände, welche durch einen dünnen, die Farbe nicht benachtheiligenden Ueberzug mit dieser Substanz weitaus schwerer entzündlich werden.

Die Darstellung des Wasserglases kann auf verschiedene Weise erfolgen. Entweder stellt man aus Kieselsäure und Potasche einen „Wasserglassatz" her, welcher geschmolzen und dann in Wasser gelöst wird, oder man behandelt Kieselsäure, gewöhnlich Feuerstein, mit Kalilauge unter einem Drucke von 7 bis 8 Atmosphären bei Siedehitze, wobei sich die Kieselsäure in der Kalilauge auflöst.

Leitet man in eine Lösung von Wasserglas Kohlensäure ein, so verdrängt diese die Kieselsäure, welche sich in Form einer Gallerte ausscheidet, und in Lösung bleibt kohlensaures Natron oder Kali, je nachdem man Natron- oder Kaliwasserglas zu dem Versuche verwendete.

Außer zu den genannten Zwecken dient das Wasserglas auch zur Füllung von Seifen, als Waschmittel, und endlich in der Malerei zur Fixirung von Frescogemälden, und um diese gegen Regen unempfindlich zu machen. — —

Damit haben wir das Gebiet der Glasfabrikation wohl in allen seinen wichtigsten Zweigen besprochen. Auch hier konnten wir sehen, welchen gewaltigen Einfluß die Chemie auf die Entwickelung dieses Gebietes genommen hat, ja wir können sagen, daß nur ihr allein — im Vereine mit zahlreichen Verbesserungen des Betriebes rein technischer Natur — die achtunggebietende Stellung unserer Glasindustrie zu verdanken ist.

Digitized by Google

# Die Industrie der Gase und die Erzeugung niederer Temperaturen.

In der chemischen Industrie und ihren Nebengewerben bedient man sich zu zahlreichen Zwecken gewisser Gase, und einzelne Arten der Anwendung derselben haben wir schon kennen gelernt. Wir wissen, daß die Kohlensäure zur Darstellung des Bicarbonates dient, daß man das Chlor und die schweflige Säure als Bleichmittel benützt. Wasserstoff und Sauerstoff verwendet man zur Erzeugung hoher Temperaturen, der „active" Sauerstoff, das Ozon, wird ebenfalls zu verschiedenen Zwecken gebraucht, überhaupt ist die industrielle Verwendung dieser Luftarten eine höchst mannigfaltige und ausgedehnte.

Während aber noch bis vor verhältnismäßig kurzer Zeit alle Industriellen, welche in ihren Betrieben solche Gase benöthigten, gezwungen waren, sie sich selbst darzustellen, befassen sich jetzt eigene Fabriken mit ihrer Gewinnung und bringen sie in handlicher Form, im stark comprimirten Zustande oder als Flüssigkeit in den Handel. Dadurch wurde zahlreichen kleineren Industrien ein großer Dienst erwiesen, da sie der immerhin umständlichen Darstellung und Reinigung gewisser Gase enthoben wurden, andererseits hat man aber auch gelernt, in der Natur auftretende Gase zu verwerthen und nutzbar zu machen.

Allerdings ist damit nicht gesagt, daß die Fabriken nun in allen Fällen von der Erzeugung der von ihnen gebrauchten Gase abgegangen sind und sich ausschließlich jener comprimirten Gase bedienen, welche in eigenen Etablissements erzeugt, gereinigt und in versandtfähigen Zustand gebracht werden. Dies wäre auch überall dort, wo größere Mengen solcher Gase verbraucht werden, höchst unzweckmäßig. So wird vor wie nach der Chlorkalkfabrikant sich das Chlorgas selbst aus Braunstein und Salzsäure darstellen, auch der Zuckerfabrikant, der Aetzkalk und Kohlensäure zur Reinigung des Saftes braucht, wird beide Producte stets auf die einfachste und billigste Weise durch Brennen von Kalkstein erzeugen.

Digitized by Google

Dagegen haben viele Industrien aus der Verwendung der comprimirten Gase große Vortheile gezogen, so besonders jene, welche sich mit der Fabrikation künstlicher Mineralwässer befassen und gewöhnlich im kleineren Maßstabe betrieben werden, und ferner alle, welche gewisse Gase nur in kleineren Mengen verbrauchen. Andererseits haben sich auch hier, seit solche Gase in handlicher Form und billig im Handel zu haben sind, neue Verwendungsarten ergeben, es ging hier ähnlich wie mit der Schaffung neuer Verkehrsmittel: sobald sie vorhanden sind, stellt sich der Verkehr von selbst ein.

Außer diesen verschiedenen Verwendungsarten in der chemischen Industrie sind einzelne Gase aber auch dadurch wichtig und interessant, daß sie die Mittel bilden, auf künstlichem Wege Eis in großen Mengen zu erzeugen, und daß sie es ermöglichen, sehr niedere Temperaturen, bis zu — 240° Celsius, hervorzubringen. Wir werden auch die hierzu nöthigen Vorrichtungen zu besprechen haben, und uns endlich mit der neuesten Errungenschaft auf diesem Gebiete, mit der Verflüssigung der Luft, beschäftigen. Das wichtigste und am häufigsten angewendete aller Gase ist jedoch die Kohlensäure, und deshalb wollen wir zunächst ihre Gewinnung, und Reinigung, ihre Eigenschaften und Anwendung kennen lernen.

Die Kohlensäure ist ein Gas, welches aus den Elementen Kohlenstoff und Sauerstoff besteht, sie ist schwerer als die Luft, sinkt in dieser zu Boden und vermag, da in dieser Verbindung der Sauerstoff innig mit dem Kohlenstoffe verbunden ist, den Verbrennungsproceß, und somit auch die Athmung nicht zu unterhalten. Eine brennende Kerze erlischt in einer Atmosphäre von Kohlensäure und ein Thier muß darin ersticken.

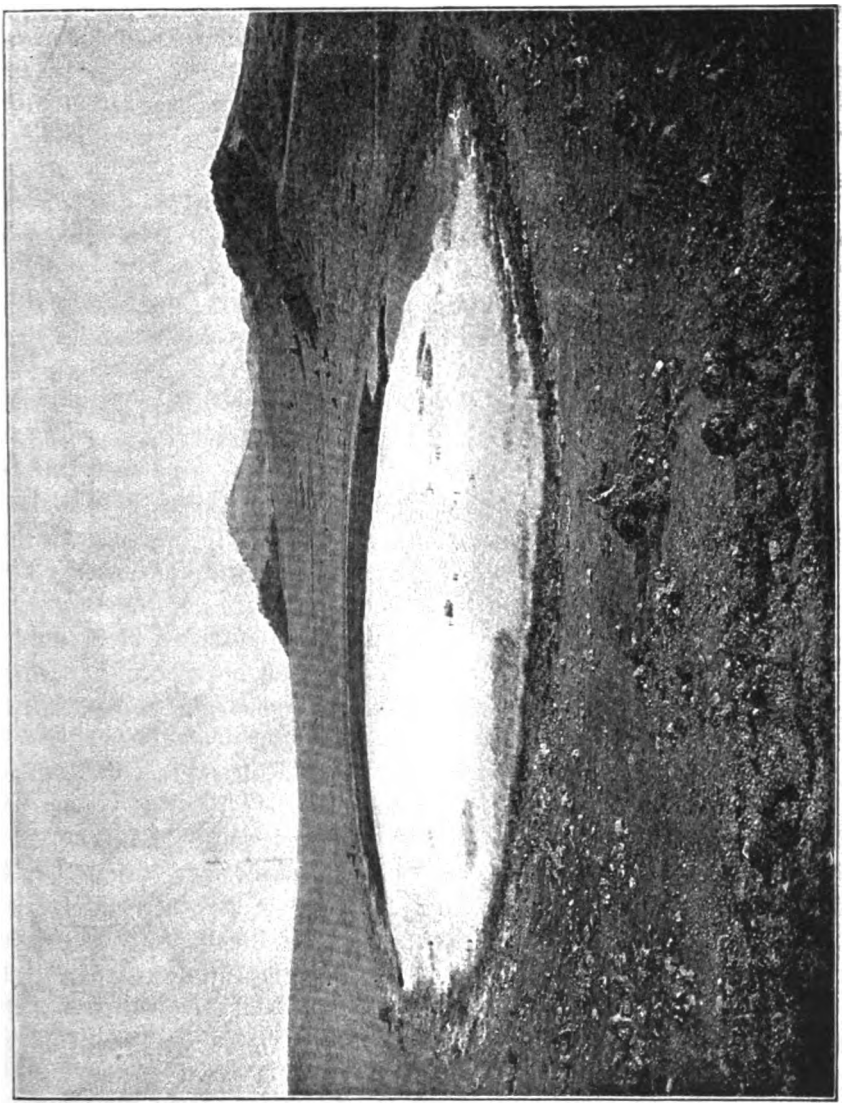
Die Kohlensäure wurde zuerst von van Helmont, der von 1577 bis 1644 lebte, beobachtet, er erhielt sie durch Einwirkung von Säuren auf kohlensauren Kalk. Er machte aber auch schon die Wahrnehmung, daß sich die Kohlensäure bei der Verbrennung kohlehaltiger Substanzen bildet, daß sie ferner ein Product zahlreicher Gährungsvorgänge ist, und endlich, daß sie in manchen Mineralwässern nachgewiesen werden kann. Nach Helmont beschäftigten sich noch zahlreiche andere Forscher mit diesem interessanten Gase, aber erst dem Genie Lavoisier's war es vorbehalten, ihre Zusammensetzung zu erforschen; da die Luft der Wälder besonders reich an Kohlensäure ist, nannte er diese „Luftsäure" gas sylvestre.

In der Natur ist die Kohlensäure sehr verbreitet. Einerseits treten verschiedene Salze derselben, wie kohlensaurer Kalk und kohlensaure Magnesia, gebirgsbildend auf, andererseits bildet sie einen Bestandtheil mancher Erze, wir nennen den Zinkspath, welcher aus kohlensaurem Zink besteht, und den Spatheisenstein (kohlensaures Eisen) als typische Beispiele. Drittens ist sie aber auch ein steter Bestandtheil der Luft, welche vier bis fünf Hundertstel Procente dieses Gases enthält, und wir wissen, daß die Pflanzen sich diese Kohlensäuremengen zu nutze machen, und den darin enthaltenen Kohlenstoff in organische Verbindungen überführen.

In die Luft gelangt die Kohlensäure auf verschiedenen Wegen. Bei jedem Verbrennungsvorgange wird der Kohlenstoff des verbrennenden Körpers dem Luft-

Digitized by Google

meere in Form von Kohlensäure wiedergegeben, bei jedem Fäulnis- und Verwesungsvorgange ist das gleiche der Fall, und mit jedem Athemzuge geben wir ein ansehnliches Quantum Kohlensäure von uns, das durch Oxydation kohlenstoffhaltiger Verbindungen in unserem Körper entstanden ist.



Maar (Kratersee bei Manderscheid, Eifel).

Endlich kennen wir zahlreiche Stellen der Erde, an welchen Kohlensäure im freien Zustande auftritt. Es sind dies meist altvulcanische Gebiete, und die bekannteste dieser Erscheinungen ist wohl die Hundsgrotte von Neapel, deren Boden stets mit Kohlensäure bedeckt ist, welche sich, weil specifisch schwerer wie die Luft,

Digitized by Google

an den tiefsten Stellen ansammelt. Ein Mensch, der in aufrechter Haltung diese Höhle betritt, ragt über die Kohlensäureschicht empor, ein kleines Thier dagegen, etwa ein Hund, taucht in ihr vollständig unter und muß ersticken.

Solche Kohlensäurehöhlen treffen wir aber auch noch an zahlreichen anderen Stellen der Erde, so in Siebenbürgen; sehr bekannt sind die alten, erloschenen Krater der Eifel, die „Maare", welche unausgesetzt bedeutende Mengen Kohlensäure aushauchen. Wie wir sehen werden, hat man diese und andere natürliche Vorkommen der Kohlensäure nutzbar zu machen gewußt, indem man das Gas auffängt und verflüssigt.

Endlich haben wir noch der zahlreichen Mineralquellen zu gedenken, welche Kohlensäure theils in Form von Natriumbicarbonat, theils im freien Zustande mit sich führen und als erfrischende und dietätische Getränke mit Recht sehr geschätzt sind. Ueberhaupt ist die Kohlensäure, trotzdem sie ein im concentrirten Zustande wenn auch nicht giftiger, doch ein zur Unterhaltung des Lebensprocesses untauglicher Körper ist, in geringen Mengen ein angenehmes und erfrischendes Genußmittel, wir brauchen bloß an die erwähnten Säuerlinge, dann an die künstlichen Mineralwässer (Sodawasser) und endlich an das Bier zu erinnern, das einen großen Theil seines Wohlgeschmackes und seiner erfrischenden Wirkung der Kohlensäure verdankt, welche es enthält. Die industriellen Zwecken dienende Kohlensäure wird auf verschiedene Weise gewonnen. Am einfachsten und billigsten sind wohl jene Verfahren, welche sich die aus Erdspalten und Quellen ausströmende Kohlensäure nutzbar machen, wie dies beispielsweise in ausgedehnter Weise von Seite der Oesterreichisch-Ungarischen Kohlensäureindustrie-Gesellschaft in Siebenbürgen, und von anderen Unternehmungen in der Eifel bei Burgbrohl geschieht. Handelt es sich um die Verwerthung trockener Gasquellen, so wird die Kohlensäure durch ein Rohr unter die Glocke eines Gasbehälters geleitet, und von dort je nach Bedarf den Compressoren zugeführt. Will man dagegen die Kohlensäure nutzbar machen, welche gleichzeitig mit einem Mineralwasser zu Tage tritt, so wird um die Quelle oder das Bohrloch eine ringförmige Mauer aufgeführt. Dieser Wasserbehälter ist dann stets durch das dem Bohrloche entströmende Wasser gefüllt, der Ueberschuß fließt durch einen seitlichen Canal ab. Zum Auffangen der Kohlensäure dient ein in das Wasser tauchender Gasbehälter, eine sogenannte Gasometerglocke, welche über dem Bohrloche an einer Kette hängt. Durch ein an der Kette hängendes Gegengewicht wird die Glocke im Gleichgewichte erhalten, so daß sie sich bei einer Vermehrung des Gasvolumens hebt, bei einer Verminderung desselben senkt. Das Gasrohr, durch welches die Kohlensäure nach der Verbrauchsstelle oder nach anderen Behältern geleitet wird, endet in dem Gasraume der Glocke oberhalb des Wasserspiegels, und wird durch den Boden des gemauerten Bassins nach außen geleitet.

Diese natürlichen Kohlensäurevorkommen besitzen eine große Bedeutung für die Industrie, wenn das Gas, welches sie liefern, vollkommen rein oder nur mit geringen Mengen anderer Gase, wie Stickstoff oder Sauerstoff, verunreinigt ist. Dann kann die Kohlensäure sofort comprimirt und verflüssigt werden; schwieriger ist die Sache dagegen dann, wenn das Gas auch riechende, bituminöse Stoffe

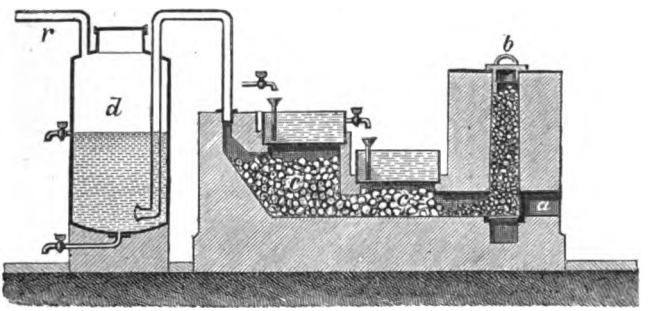
Digitized by Google

enthält. Dann ist es allerdings für gewisse Zwecke, soferne sich der Reinigung unüberwindliche Schwierigkeiten entgegenstellen, unbrauchbar, dagegen kann es immer noch eine rein technische Verwendung, etwa zur Fabrikation von Bicarbonat oder Bleiweiß finden.

Die Mengen Kohlensäure, welche die natürlichen Gasvorkommen liefern, sind ganz gewaltige. So liefert die Kohlensäurequelle, welche einer Mofette bei Burgbrohl entströmt, seit sie durch ein im Jahre 1884 niedergetriebenes Bohrloch von 53 m Tiefe und 15 cm Weite ergiebiger gemacht wurde, pro Minute 430 l Wasser und annähernd 1500 l gasförmige Kohlensäure, also in 24 Stunden 2,160.000 l oder 4320 kg.

Wo solche natürlich vorkommende Kohlensäure nicht zur Verfügung steht, muß sie auf künstlichem Wege erzeugt werden, was nach verschiedenen Verfahren geschehen kann. So durch Zersetzung von Salzen der Kohlensäure durch Säuren, oder aber durch Verbrennung kohlenstoffhaltiger Substanzen, wie Kohle oder Gascoaks.

Es wurden auch besondere Vorrichtungen construirt, um in ihnen die Verbrennung solcher Materialien zum Zwecke der Kohlensäuregewinnung vorzunehmen. Ein Beispiel dieser Art ist der Apparat von Kindler, dessen Einrichtung die nebenstehende Abbildung veranschaulicht.




Vorrichtung zur Gewinnung von Kohlensäure nach Kindler.

Das Brennmaterial, die Coaks, werden in den kleinen, schachtartigen und sich nach unten erweiternden Raum, welcher durch den eisernen Deckel b verschlossen wird, eingetragen. Die Coaksäule ruht auf einem Roste und wird an den offenen Seiten durch senkrecht stehende Roste gegen den horizontalen Canal a begrenzt. Die zur Verbrennung erforderliche Luft wird entweder durch die Oeffnung der Feuerthür oder durch eine Oeffnung im Deckel b zugeführt.

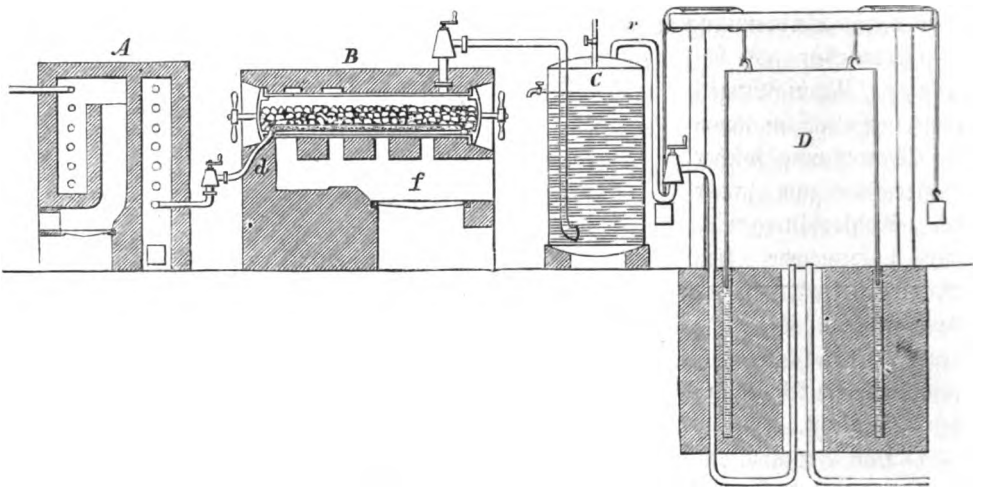
Die glühenden Verbrennungsgase entweichen durch den Canal cc und werden mittelst einer Luftpumpe, welche mit dem Rohre r in Verbindung steht, durch das Waschgefäß d gezogen. Der Raum cc ist mit Stücken von kohlensaurem Kalk gefüllt, welche einerseits die mitgerissene Flugasche mechanisch zurückhalten, andererseits aber durch die Hitze der Feuergase nach und nach in Aetzkalk verwandelt werden, wobei, wie wir wissen, ebenfalls Kohlensäure entsteht, welche sich den Verbrennungsproducten beimengt und diese anreichert. In dem Waschgefäße d werden endlich die Gase vollends von den mitgerissenen Theilchen befreit und abgekühlt.

Eine andere Art der Gewinnung reiner Kohlensäure beruht darauf, daß Kalkstein schon bei Rothglut in Aetzkalk übergeht, wenn er gleichzeitig einem Strome

Digitized by Google

überhitzten Wasserdampfes ausgesetzt wird. Der zu diesem Zwecke verwendete Apparat besitzt folgende Einrichtung.

In der Retorte B wird der Kalkstein durch die heißen Gase der Feuerung f bis zur beginnenden Rothglut erhitzt. Gleichzeitig wird in einem Dampfkessel Wasserdampf erzeugt, in der im Ofen A liegenden Rohrspirale überhitzt und durch das Dampfrohr d, dessen mit kleinen Oeffnungen versehenes Ende am Boden der Retorte liegt, überall zwischen die erhitzten Kalkstücke geleitet. Die hier in Freiheit gesetzte Kohlensäure strömt gleichzeitig mit den Wasserdämpfen durch das Gasrohr in das Waschgefäß C. Hier wird durch das beständig zufließende kalte Wasser der Wasserdampf condensirt, während die Kohlensäure durch das Rohr r nach dem Gasbehälter D geführt wird.



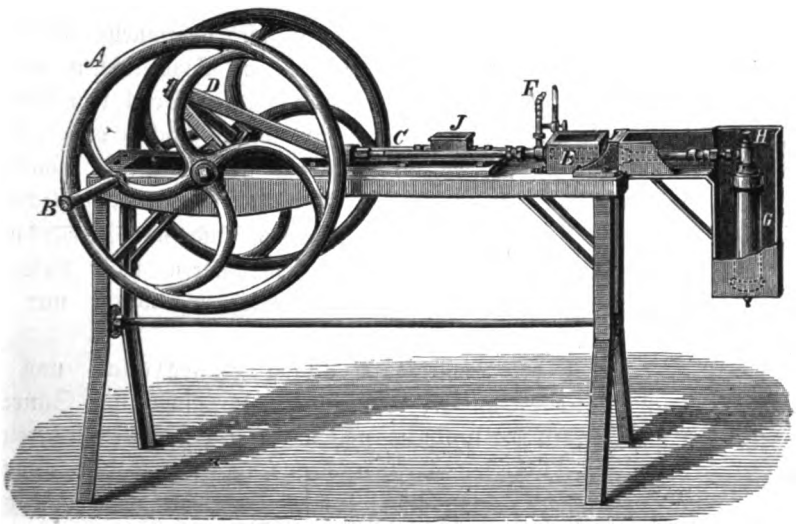

Apparat zur Gewinnung von Kohlensäure aus Kalkstein.

Wir übergehen die zahlreichen anderen Constructionen, welche zur Gewinnung von Kohlensäure aus den verschiedenen Rohmaterialien ersonnen wurden und wenden uns nun gleich ihrer Ueberführung in den flüssigen Zustand zu.

Die Kohlensäure war das erste Gas, bei welchem die Verflüssigung gelang. Faraday bewerkstelligte dies in der Weise, daß er in den zugeschmolzenen Schenkel eines rechtwinklig gebogenen Rohres etwas Schwefelsäure brachte und darüber ein Platinblech befestigte, auf welches er einige Stücke von kohlensaurem Ammon legte. Dann wurde das andere Ende der Röhre ebenfalls zugeschmolzen, und nun durch vorsichtiges Neigen die Schwefelsäure mit dem Ammoniumcarbonat in Berührung gebracht. Es entwickelte sich eine beträchtliche Menge Kohlensäure, welche einen Druck von solcher Stärke ausübte, daß er ausreichend war, einen Theil der Kohlensäure zu verflüssigen, die sich in dem anderen Schenkel des Rohres ansammelte.

Digitized by Google

Für praktische Zwecke, ja selbst für weitere Versuche mit diesem interessanten Körper war jedoch diese Vorrichtung nicht geeignet, denn man konnte ihr die flüssige Kohlensäure nicht entnehmen, ohne daß beim Oeffnen des Rohres dieses zerschmettert wurde. Später gelang es dann Thilorier einen brauchbareren Apparat herzustellen, in welchem aber immer noch die Verflüssigung des Kohlendioxydes durch seinen eigenen Druck vorgenommen wurde. Dieser Apparat war jedoch im höchsten Grade gefährlich, da man die Regulirung des Druckes fast gar nicht in der Hand hatte, und der erste Versuch damit kostete auch einem jungen Chemiker, Herwey, das Leben.




Natterer's Apparat zur Verflüssigung der Kohlensäure.

Erst dem Chemiker Natterer blieb es vorbehalten, einen wirklich brauchbaren Apparat zur Darstellung flüssiger Kohlensäure zu construiren. Er benützte dazu eine Compressionspumpe, welche folgende Einrichtung besaß.

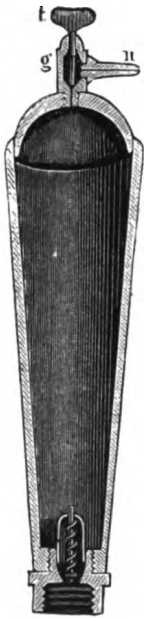
Die beiden Schwungräder A werden durch die Kurbel B in Bewegung gesetzt. Diese wird mit Hilfe der Pleuelstange D in eine hin und her gehende umgewandelt, sie überträgt sich durch Vermittlung der Stange C auf den Stempel der Pumpe E, die gleichzeitig als Saug- und Druckpumpe wirkt. Das in einem Gasbehälter vorräthig gehaltene Kohlenoxyd wird beim Rechtsgange des Kolbens durch den Rohransatz F vermittelst eines sich nach innen öffnenden Ventiles angesaugt, gelangt durch die Bewegung des Kolbens nach links durch ein zweites in diesem befindliches, sich nach rechts öffnendes Ventil auf die rechte Seite desselben und beim Rückgange des Stempels wird es durch ein drittes, sich gleichfalls nach rechts öffnendes Ventil in die schmiedeeiserne Flasche G gepreßt, welche in einem geräumigen, mit kaltem Wasser oder Schnee gefülltem Gefäße steht.



Digitized by Google

H ist ein Schraubenventil, welches geschlossen wird, bevor man die mit flüssiger Kohlensäure gefüllte Flasche abnimmt; J ist ein Zählwerk, welches die Anzahl der Kolbenstöße feststellt.

Die jetzt zur Darstellung der flüssigen Kohlensäure im Großen dienenden Compressoren sind nach einem dem Natterer'schem Apparate ganz ähnlichen Principe construirt. Natürlich bedient man sich nicht der Menschenkraft zum Betriebe der Pumpen, sondern man läßt diese Arbeit von starken Dampfmaschinen verrichten. In der Eifel hat man auch die Kraft des Windes diesem Zwecke nutzbar gemacht, die, wenn man von der Abhängigkeit eines solchen Betriebes von den meteorologischen Verhältnissen absieht, gewiß die billigste Kraftquelle bildet.




Flasche zur Aufnahme der Kohlensäure bei Natterer's Apparat.

t g n Ventil zur Entnahme der Kohlensäure.

Die flüssige Kohlensäure wird in Stahlflaschen ohne Naht in den Handel gebracht, welche auf einen Druck von 250 Atmosphären geprüft sind. Unten sind diese Flaschen oder „Bomben" vollständig geschlossen, oben tragen sie ein Ventil, nach dessen Oeffnung ein Strom von Kohlensäure durch ein seitliches Rohr austritt. Während des Transportes, und um Entwendung und Vergeudung von Kohlensäure zu verhindern, wird dieses Ventil mit einer aufgeschraubten Kappe umgeben, welche nur mittelst eines Schlüssels geöffnet werden kann.

Außer der Kohlensäure gelang es Faraday und Davy auch zahlreiche andere Gase, wie Chlor, schweflige Säure, Ammoniak ꝛc. zu verflüssigen, und nur vier Gase widerstanden selbst der Einwirkung der stärksten Drucke, es waren dies Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Kohlenoxyd. Sie wurden daher als „permanente" Gase bezeichnet, und man nahm an, daß ihre Verflüssigung überhaupt nicht möglich sei. Wie wir später sehen werden, ist dies nun auch gelungen, und man vermag sogar die Luft in den flüssigen Zustand überzuführen, so daß man sie aus einem Glase in das andere gießen kann. Diese Verflüssigung der permanenten Gase war jedoch erst möglich, als Andrews im Jahre 1861 das Gesetz entdeckt hatte, welches dieses verschiedene Verhalten der einzelnen Gase gegenüber starken Drucken erklärt.

Andrews fand nämlich, daß die Verflüssigung nicht allein von dem Drucke abhängig ist, welcher auf das Gas ausgeübt wird, sondern auch von der Temperatur, welche gleichzeitig das Gas besitzt. Für jedes Gas besteht nämlich eine obere Temperaturgrenze, die sogenannte „kritische Temperatur", oberhalb welcher das Gas selbst durch den stärksten Druck nicht verflüssigt werden kann. Man muß daher das Gas unter oder zum mindesten auf die kritische Temperatur abkühlen, ehe die Verflüssigung gelingt. Aber auch dann ist ein gewisser Druck erforderlich, um den Uebergang aus dem gasförmigen Zustande in den flüssigen zu bewerkstelligen. Dieser Druck wird der „kritische Druck" geheißen, mit sinkender Temperatur wird er geringer.

Digitized by Google

**Kohlensäurecompressor.**
**Aus dem Etablissement der Oesterr.-Ungar. Kohlensäure-Industrie-Actien-Gesellschaft.**

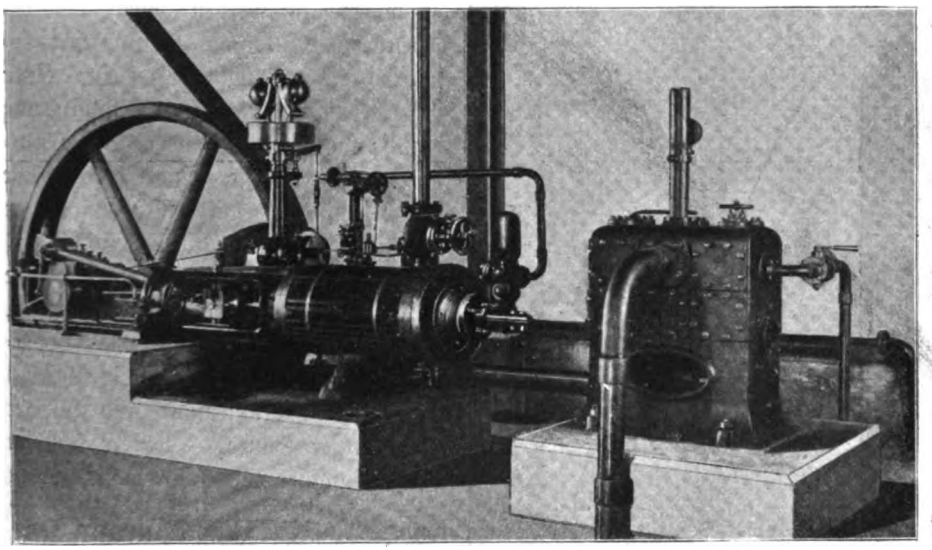
Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

Digitized by Google

Bei der Kohlensäure liegen diese Grenzen verhältnismäßig hoch. Die kritische Temperatur beträgt + 36°, zur Verflüssigung ist dann ein Druck von 80 Atmosphären nöthig. Kühlt man dagegen die Kohlensäure auf 0° ab, so erniedrigt sich der kritische Druck auf 36 Atmosphären, und bei — 65° sind überhaupt nur mehr 5 Atmosphären erforderlich, um die Kohlensäure zu verflüssigen.

Wesentlich anders liegen dagegen die Verhältnisse bei jenen Gasen, welche man früher als „permanent" bezeichnete. Da ihre kritische Temperatur sehr tief liegt, sie beträgt beispielsweise für Sauerstoff — 118, für Wasserstoff — 150°, und da außerdem die Verflüssigung nur bei sehr starkem, mehrere hundert Atmosphären



Compressor zur Erzeugung flüssiger Kohlensäure.
(Aus dem Etablissement der Oesterreichisch-Ungarischen Kohlensäureindustrie-Gesellschaft.)

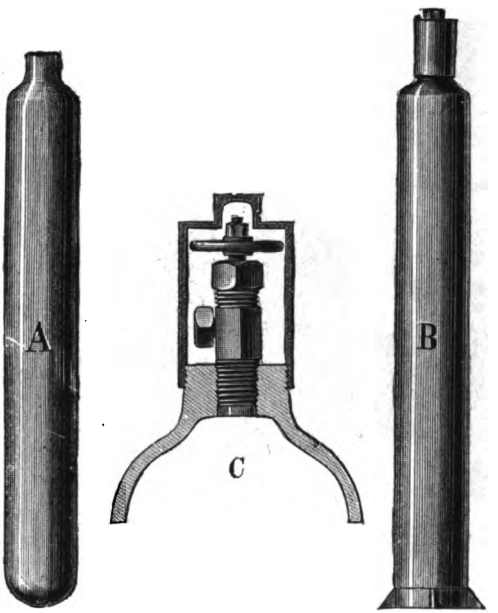
betragendem Drucke erfolgt, waren, ehe die Verflüssigung dieser Gase gelang, verschiedene Fragen zu lösen, so besonders jene nach der Erzeugung dieser niederen Temperaturen. Hier war es vor allem die flüssige Kohlensäure, welche es gestattete, die „permanenten" Gase zu bezwingen.

Wird nämlich ein Gas zusammengedrückt, so erwärmt es sich, andererseits kühlen sich stark zusammengepreßte Gase, denen man Gelegenheit giebt, sich rasch auszudehnen, bedeutend ab. Läßt man nun flüssige Kohlensäure sehr rasch verdunsten, also in den gasförmigen Zustand übergehen, so kühlt sie sich so bedeutend ab, daß ein Theil gefriert und fest wird. Dies ist bei der Temperatur von — 79° der Fall, und diese Temperatur kann man also durch Verdunstung flüssiger Kohlensäure erzeugen.



Digitized by Google

Die feste Kohlensäure ist eine schneeähnliche Masse, welche an der Luft schwach zu rauchen scheint, indem der in ihrer Nähe befindliche Wasserdampf gefriert. Preßt man sie durch Hammerschläge oder starken Druck zusammen, so hält sie sich an der Luft ziemlich lange. Bringt man ein Stück fester Kohlensäure auf die Hand, so empfindet man kaum ein Kältegefühl, trotz der ungewöhnlich niederen Temperatur, welche die Masse besitzt. Zwischen der Haut und dem gefrorenen Kohlendioxyd befindet sich nämlich fortwährend eine Schicht des abdunstenden Gases, welche eine directe Berührung verhindert, die feste Kohlensäure schwimmt also gewissermaßen auf der gasförmigen. Drückt man dagegen ein Stückchen zwischen den Fingern zusammen, so werden durch die bedeutende Kälte die Hautpartien sofort zerstört, man hat eine einer Verbrennung ähnliche Empfindung und an der betreffenden Stelle entsteht eine weiße, einer Brandblase sehr ähnliche, mit einer wässerigen Flüssigkeit gefüllte Auftreibung.



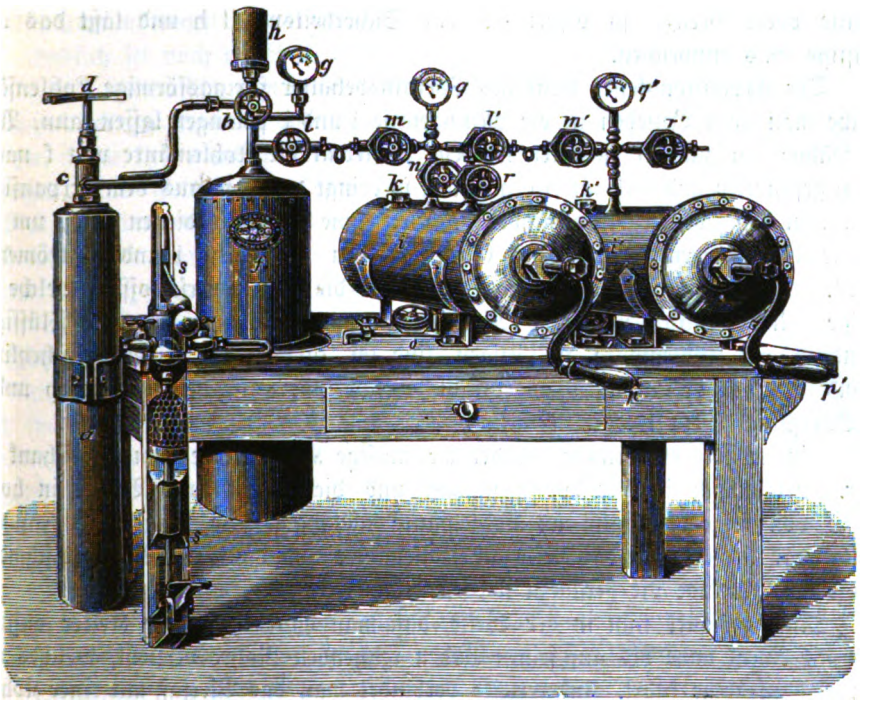
Flasche zum Transporte der flüssigen Kohlensäure, A offen, B verschlossen, C Ventil.

Die flüssige, beziehungsweise feste Kohlensäure kann nun dazu dienen, noch niedere Temperaturen hervorzurufen. Läßt man nämlich ein Gemisch von flüssiger Kohlensäure und flüssiger schwefliger Säure — letztere kann in sehr einfacher Weise dargestellt werden — rasch verdunsten, so erzielt man eine Temperaturerniedrigung bis zu 110° unter Null. Benützt man nun diese niedere Temperatur zur Verflüssigung von Stickstoffoxydul, die dann schon bei einem Drucke von 6 bis 12 Atmosphären gelingt, und läßt man nun das flüssige Stickstoffoxydul rasch verdampfen, und zwar um eine lebhafte Verdampfung zu erzielen, im Vacuum, so erniedrigt sich die Temperatur schon auf — 150°. Bei dieser Temperatur gelingt es aber, allerdings bei einem Drucke, welcher zwischen 150 und 200 Atmosphären liegt, Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenoxyd, Methan und Luft zu verflüssigen. Läßt man endlich die flüssige Luft verdunsten, so sinkt die Temperatur auf — 210 bis 213°, ja es ist sogar schon gelungen, — 240° zu erreichen.

Praktisch ist die Erreichung so niederer Temperaturen — vorläufig wenigstens — ohne Bedeutung, dagegen ist ihr ein hohes wissenschaftliches Interesse nicht abzusprechen. Wie wir nämlich wissen, dehnen sich die Gase bei der Erwärmung um je einen Grad um $^1/_{273}$ ihres Volumens aus, so daß 1 l Gas, bei 0°

Digitized by Google

gemessen, bei 273° den Raum von 2 l einnimmt. Umgekehrt ziehen sie sich bei der Abkühlung um je einen Grad um $^1/_{273}$ zusammen, und 1 l Gas bei 0° gemessen, müßte demnach bei der Temperatur von — 273° das Volumen 0 einnehmen. Es ist nun vom wissenschaftlichen Standpunkte gewiß interessant, das Verhalten der Gase bei so niederen Temperaturen zu studiren, wenn auch die Forderung des Gesetzes nicht zutreffen kann, da wir ein Element oder eine Verbindung nicht vernichten oder aus der Welt schaffen können, und es daher auch ausgeschlossen ist, daß die Gase bei — 273° gar keinen Raum einnehmen. Viel




Apparat zur Erzeugung künstlicher Mineralsäure.

wahrscheinlicher ist es dagegen, daß sie bei dieser Temperatur schon flüssig sind. Uebrigens haben zahlreiche Versuche, theils chemischer, theils physiologischer Natur, welche man bei außergewöhnlich niederen Temperaturen ausführte, hochinteressante Resultate ergeben, wovon noch später die Rede sein wird.

Die flüssige Kohlensäure findet in der Praxis zu zahlreichen Zwecken Verwendung. So dient sie zur Herstellung der künstlichen Mineralwässer, wie der moussirenden Getränke, zum Bierausschank, zum Löschen von Bränden und zu vielen anderen Zwecken.

Die Fabrikation der Mineralwässer oder des Sodawassers, sowie des „imprägnirten" Champagners, der Brauselimonaden und ähnlicher Getränke besteht in

Digitized by Google

der Sättigung von Salzlösungen, reinem Wasser u. s. w. mit Kohlensäure, wozu besondere Apparate, die einen hohen Druck auszuhalten vermögen, dienen.

Die Abbildung auf Seite 453 veranschaulicht einen solchen Apparat zur Erzeugung von Mineralwässern mittelst flüssiger Kohlensäure. a ist die Kohlensäureflasche, deren Ventil c mit Hilfe des Schlüssels d nach Bedarf geöffnet oder geschlossen werden kann. Das Verbindungsrohr e läßt bei geöffnetem Ventile das Gas in den Expansionskessel f gelangen. Durch den Deckelhahn b wird die Einströmung regulirt und unterbrochen, sobald das Manometer g den gewünschten Druck anzeigt. Uebersteigt dieser bei unvorsichtiger Handhabung des Apparates eine gewisse obere Grenze, so öffnet sich das Sicherheitsventil h und läßt das überschüssige Gas entweichen.

Der Expansionskessel dient als Vorrathsbehälter für gasförmige Kohlensäure, welche man nach Belieben in die Mischgefässe i und i' gelangen lassen kann. Wenn die Hähne lm und n geöffnet werden, so strömt die Kohlensäure von f nach i. Ist n geschlossen und lml' und m' geöffnet, so dringt das Gas aus dem Expansionskessel f in den zweiten Mischcylinder i'. Die Hähne r und r' dienen dazu, um zum Zwecke der Entfernung der Luft Gas aus den Cylindern i und i' strömen zu lassen. Durch die Hähne o und o' werden die Rohre verschlossen, welche das fertige Mineralwasser nach der Abfüllvorrichtung s führen. Um die Flüssigkeit gründlich mit Kohlensäure zu sättigen, sind im Inneren der beiden Mischcylinder i und i' Rührvorrichtungen angebracht, welche mit Hilfe der Kurbeln p und p' in Bewegung gesetzt werden können.

Eine weitere Verwendung findet die flüssige Kohlensäure zum Ausschank von Bier. Bekanntlich ist der Wohlgeschmack und die Frische eines Bieres in hohem Maße von seinem Gehalte an Kohlensäure abhängig. Je länger ein Faß aber läuft, desto ärmer wird das Bier an Kohlensäure und die letzten Antheile schmecken aus diesem Grunde oft geradezu widerwärtig.

Man verfährt nun in der Weise, daß man das Bierfaß im Keller aufstellt, und mit einem nahe bis auf seinen Boden reichenden Rohre versieht, welches nach dem Schankraume führt. Andererseits verbindet man das Bierfaß mit einer Kohlensäureflasche, so daß die sich entwickelnde gasförmige Kohlensäure auf das Bier drückt. Wird nun der Hahn im Schankraume geöffnet, so hebt der Druck der Kohlensäure das Bier empor, und es wird ausfließen. Ein Verlust an Kohlensäure aus dem Biere ist bei diesem Verfahren ausgeschlossen, im Gegentheile nimmt es noch Kohlensäure auf, und das letzte Glas aus dem Faße wird ebenso gut munden wie das erste, soferne man nur dafür Sorge trägt, daß das Faß entsprechend kühl lagert. Und dies wird sich in der Regel im Keller leichter erreichen lassen wie in dem warmen Schankraume.

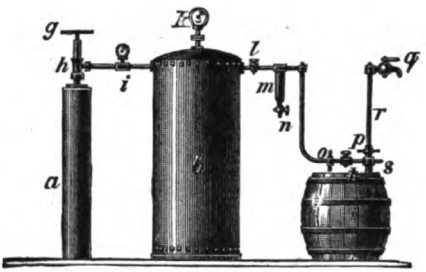
Der bedeutende Druck, welchen die aus der Stahlflasche ausströmende Kohlensäure ausübt, gestattet es jedoch nicht, die Flasche direct mit dem Fasse in Verbindung zu bringen. Vielmehr muß man einen Windkessel einschalten und die Kohlensäureflasche mit einem sogenannten Reducirventile versehen, welches die

Digitized by Google

Kohlensäure nur unter einem ganz bestimmten und stets gleichbleibenden Drucke ausströmen läßt. Die untenstehende Abbildung veranschaulicht diese Vorrichtung, a ist die Kohlensäureflasche, i das Reducirventil und b der Windkessel mit dem Manometer k. Die Bestimmung der anderen Theile des Apparates ist wohl aus der Abbildung zu entnehmen und bedarf keiner weiteren Erläuterung.

Mit Kohlensäure gesättigtes Wasser hat man auch als Feuerlöschmittel empfohlen, desgleichen hat man versucht, sich der flüssigen Kohlensäure als treibende Kraft in Motoren zu bedienen. Leider versagen aber diese Vorrichtungen sehr bald, da das zusammengepreßte Gas bei der Ausdehnung so viel Wärme bindet, daß die Apparate übereisen und einfrieren.

Endlich sei noch erwähnt, daß man sich der flüssigen Kohlensäure zur Herstellung von Kältemischungen bedient, um kleine Stellen des Körpers gegen Schmerz unempfindlich zu machen, und daß man sie auch zur Hebung versunkener Schiffe benützte. Man ließ nämlich an dem Rumpfe derselben durch Taucher große Fässer befestigen, aus welchen man das Wasser durch Kohlensäure verdrängte. Sie streben dann im Wasser emporzusteigen, und heben, soferne sie in genügender Anzahl vorhanden sind, den versunkenen Schiffskörper mit in die Höhe.



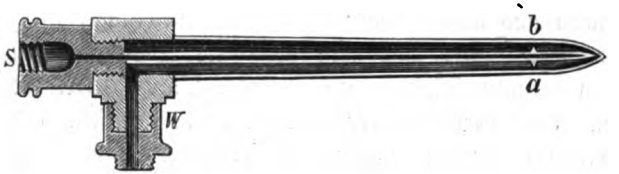
Vorrichtung zum Ausschenken des Bieres mittelst flüssiger Kohlensäure.

Auch der Sauerstoff wird in jüngster Zeit im Großen dargestellt und zu verschiedenen Zwecken, vornehmlich zur Erzeugung sehr hoher Temperaturen in der Technik verwendet. Allerdings ist die Nachfrage nach diesem Körper noch lange nicht so groß wie nach flüssiger Kohlensäure. Da man aber gelernt hat, jetzt den Sauerstoff sehr billig darzustellen, und wahrscheinlich die Entdeckung Linde's der Verflüssigung der Luft es ermöglichen wird, den Luftsauerstoff in bequemer Weise vom Stickstoffe zu trennen, dürfte wohl binnen kurzer Zeit auch dieses Gas bedeutend häufiger zur Anwendung gelangen.

Sauerstoff kann auf verschiedene Weise hergestellt werden. So erhält man ihn durch Erhitzen des rothen Quecksilberoxyds, welches bei höherer Temperatur in Sauerstoff und Quecksilber zerfällt, ferner durch Erhitzen von chlorsaurem Kalium (Kaliumchlorat), welches sich in Chlorkalium und Sauerstoff spaltet. Dem Kaliumchlorat setzt man zweckmäßig etwas Braunstein zu, wodurch der Verlauf der Reaction beschleunigt wird, ohne daß sich jedoch der Braunstein an der Zersetzung betheiligt. Wenn nun auch der Zusatz von Braunstein eine zu stürmische Entwickelung des Sauerstoffes und sonst vorkommende Explosionen verhindert, so bleibt diese Art der Darstellung des Sauerstoffes doch immer eine Operation, die nicht nur sehr gefährlich, sondern auch relativ kostspielig ist.

Digitized by Google

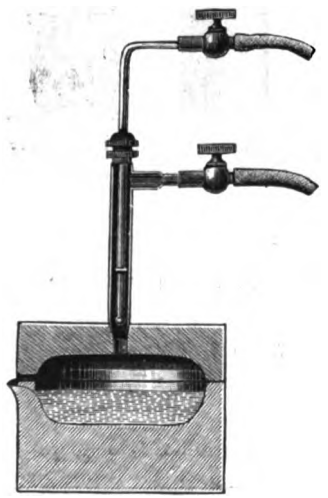
Man war daher lange Zeit bestrebt, ein einfacheres und billigeres Verfahren, welches sich auch zur Gewinnung des Sauerstoffes im Großen eignet, zu erfinden. Dies gelang durch Verwendung des Bariumoxyds, welches die Eigenschaft besitzt, bei Rothglut Sauerstoff aus der Luft aufzunehmen, wobei es in Bariumsuperoxyd übergeht. Wird die Temperatur gesteigert, so giebt es diesen Sauerstoff ab und verwandelt sich wieder in Bariumoxyd, mit welchem der geschilderte Vorgang wiederholt werden kann.




Daniel'scher Hahn.
W Zuleitung des Wasserstoffes, S des Sauerstoffes, a b Drahtnetz.

Das Verdienst, dieses von Boussingault angegebene Verfahren lebensfähig gemacht zu haben, gebührt den Gebrüdern Brin. Sie fanden, daß das Bariumoxyd dauernd nur dann seine Fähigkeit, Sauerstoff zu übertragen, behält, wenn es bloß mit kohlensäure- und staubfreier Luft in Berührung kommt, da sich sonst kohlensaurer und Aetzbaryt bildet, der auch bei den höchsten Temperaturen beständig ist.

Der Sauerstoff wird in stählernen Flaschen im stark zusammengepreßten Zustande in den Handel gebracht. Die Verflüssigung, von welcher wir noch sprechen werden, gelingt nur bei sehr niederer Temperatur und unter bedeutendem Drucke, da die kritische Temperatur des Sauerstoffgases bei —118° liegt.



Vorrichtung zum Schmelzen von Platin mittelst der Knallgasflamme.

In einer Atmosphäre von reinem Sauerstoffgase vollziehen sich alle Oxydations- und Verbrennungserscheinungen viel lebhafter als in der Luft, welche nur rund zu einem Fünftel aus Sauerstoff besteht, während der übrige Theil der indifferente und gewissermaßen nur als Verdünnungsmittel dienende Stickstoff ist. Ein Gemenge von Sauerstoff und Wasserstoff bildet das sogenannte Knallgas, welches entzündet mit großer Raschheit explosionsartig verbrennt. Leitet man dagegen in eine Wasserstoffflamme mit Hilfe des Daniel'schen Hahnes Sauerstoff ein, so daß sich die beiden Gase erst unmittelbar an der Verbrennungsstelle treffen, so erhält man eine Flamme von sehr hoher Temperatur, welche, bevor man noch den elektrischen Strom als Wärmequelle zu benützen wußte, zum Schmelzen von Platin, dann zum Löthen von Platin mit Platin, endlich zur Erzeugung des Drumond'schen Kalklichtes verwendet wurde.

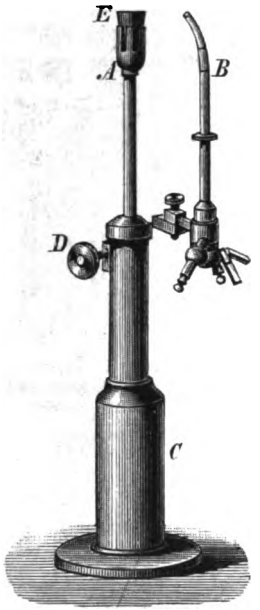
Digitized by Google

UNIVERSITY OF CALIFORNIA



Das Drumond'sche Kalklicht welches vor Verallgemeinerung der Elektricität zur Erzeugung starker Lichtquellen eine große Rolle spielte, wird erhalten, indem man einen Cylinder aus Aetzkalk in der Flamme des Knallgasgebläses zum Glühen bringt. Er strahlt dann ein ungemein helles, gelblich-weißes Licht aus. An Stelle des Kalkcylinders kann man auch einen Stift aus Circonerde, dem Oxyd des seltenen Elementes Circon, verwenden.

In neuerer Zeit hat man auch daran gedacht, sich des reinen Sauerstoffes beim Hochofenbetriebe an Stelle der Gebläseluft zu bedienen, um auf diese Weise hohe Temperaturen zu erzeugen. Daß dies technisch durchführbar ist, liegt außerhalb dem Bereiche jedes Zweifels. Auch der Kostenpunkt des Sauerstoffes spielt heute keine Rolle mehr. Der einzige Grund, an dem bisher dieses Verfahren gescheitert ist, dürfte darin zu suchen sein, daß dann die Hochöfen vollständig umgebaut werden müßten. Denn das gewöhnliche zum Hochofenbaue dienende Material würde der gesteigerten Temperatur wohl kaum lange Widerstand zu leisten vermögen.




Vorrichtung zur Erzeugung des Drumond'chen Kalklichtes.
C Gestell, D Stellschraube, A E Kalkcylinder, B Knallgasgebläse.

Auch durch Einleiten von Sauerstoff in brennendes Leuchtgas erzielt man sehr hohe Temperaturen. Sie sind allerdings nicht so hoch wie jene des eigentlichen Knallgases, das Leuchtgas-Knallgas vermag aber für viele Zwecke das erstere zu ersetzen, und besonders in Laboratorien gelangt es häufig zur Anwendung.

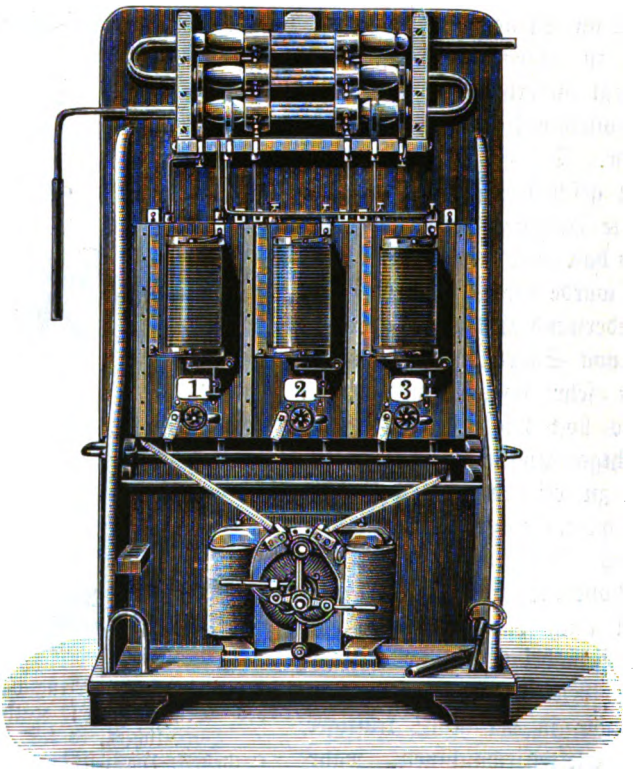
Eine Modification des Sauerstoffes bildet das Ozon, welches sich durch hohe Reactionsfähigkeit auszeichnet, und deshalb wohl auch „activer Sauerstoff" genannt wird. Es bildet sich bei starken elektrischen Entladungen, so bei jedem Gewitter, und der eigenthümliche Geruch, welchen wir in der Nähe kräftiger, im Gange befindlicher Elektrisirmaschinen wahrnehmen, wird durch das sich bildende Ozon hervorgerufen.

Das Ozon, welches im Jahre 1840 von Schönbein entdeckt wurde, vermag sehr kräftige Oxydationswirkungen auszuüben, und man hat deshalb auch schon versucht, sich seiner zu verschiedenen Zwecken in der Technik zu bedienen. Man verwendet es als Bleich- und Oxydationsmittel, zur Zerstörung von Farben u. s. f., und wollte es auch zur Entfuselung des Spiritus, zur raschen Oxydation (Verharzung) des Leinöles und zu ähnlichen Zwecken benützen.

Man stellt es in eigenen Apparaten her, indem man das zu ozonisirende Gas — Sauerstoff oder Luft — durch Glasröhren leitet, in welchen starke elektrische Entladungen stattfinden. Ein solcher Apparat ist beispielsweise der Ozonisirungsapparat von Séguy; er besteht aus drei miteinander verbundenen weiten

Digitized by Google

Glasröhren, innerhalb welcher sich je sieben gerade, an beiden Seiten offene, innen und außen mit Aluminiumspiralen belegte kleinere Glasröhren befinden. Dieses System von Röhren wird von dem zu ozonisirenden Gase durchströmt. Alle inneren Spiralen einer jeden großen Röhre stehen durch einen gemeinsamen Zuleitungsdraht mit dem einen, alle äußeren Spiralen ebenso mit dem anderen Pole einer durch eine Elektricitätsquelle erregten Inductionsrolle in Verbindung. Zwischen den Aluminiumspiralen finden nun elektrische Entladungen statt, welche die Ozonisirung eines Theiles des an ihnen vorbeiziehenden Sauerstoffes bewirken.



Ozonirungs-Apparat von Séguy.

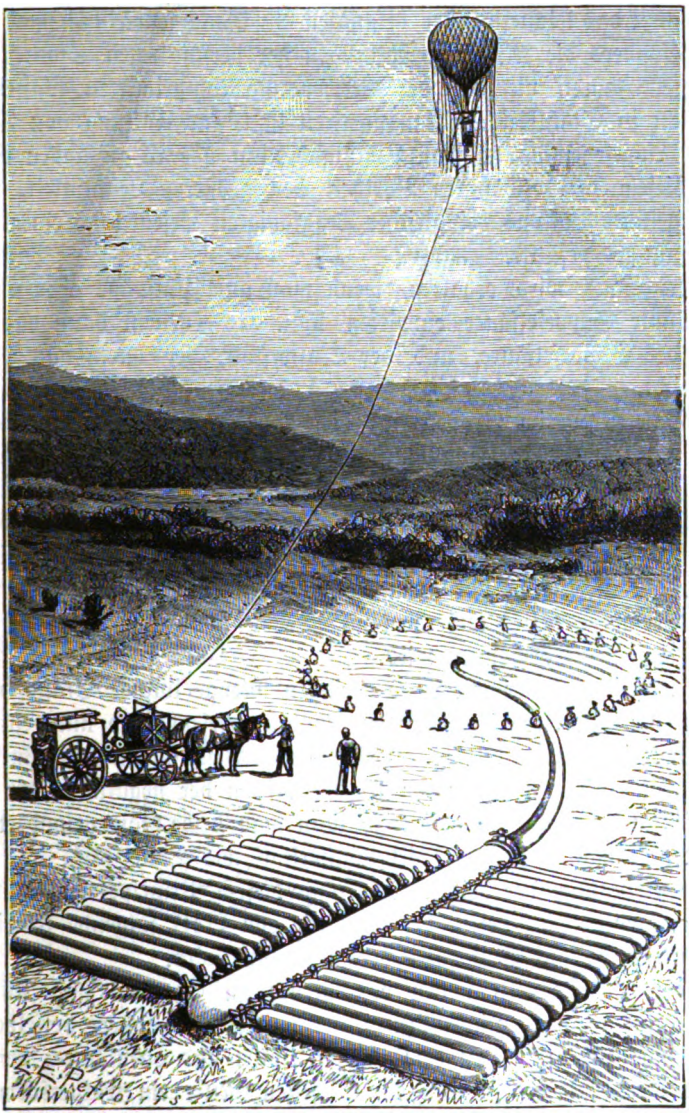
Behandelt man Bariumsuperoxyd mit verdünnter Schwefelsäure, so erhält man eine sehr sauerstoffreiche Verbindung in Lösung, das Wasserstoffsuperoxyd. Es besteht aus Wasserstoff und Sauerstoff, während aber das Wasser im Molecüle zwei Atome Wasserstoff und ein Atom Sauerstoff enthält, enthält das Wasserstoffsuperoxyd deren zwei. Dadurch ist auch sein Name gerechtfertigt. Denn wir können das Wasser als das gewöhnliche Oxyd des Wasserstoffes betrachten, das sauerstoffreichere Wasserstoffsuperoxyd ist dann die nächste Oxydationsstufe, das „Ueberoxyd" desselben.

Das Wasserstoffsuperoxyd besitzt hervorragende bleichende Eigenschaften, und wird deshalb als Bleichmittel in der Woll- und Baumwollbleicherei, zum Bleichen der Seide, dann von Federn, Knochen und Elfenbein ziemlich häufig angewendet.

Auch als Bleichmittel für Haare, um diesen die in manchen Kreisen so beliebte hellblonde Farbe zu ertheilen, wird es benützt, und die zu horrenden Preisen verkauften „Haarwässer", wie „Eau de fontaine de jouvence", oder „golden hair water" sind nichts anderes als stark verdünnte Lösungen von

Digitized by Google

Wasserstoffsuperoxyd in Wasser, welche durch einen geringen Zusatz einer Säure haltbar gemacht wurden.



Füllung eines Ballons mit comprimirtem Wasserstoffgas.

Wasserstoff wird heute auch nach verschiedenen Verfahren fabriksmäßig erzeugt und im comprimirten Zustande in den Handel gebracht. Seine wichtigste Verwendung ist und bleibt aber immer einerseits die Verbrennung bei Gegen-

Digitized by Google

wart von Sauerstoff im Daniel'schen Hahne, andererseits zur Füllung von Luftballons. Zu diesem Zwecke verdient er deshalb den Vorzug vor dem Leuchtgase, da er wesentlich leichter ist als dieses, und daher einen stärkeren Auftrieb ausübt. Er ist überhaupt das leichteste aller bekannten Gase, und etwa $14^1/_2$mal leichter als die Luft. Besonders die Militärverwaltungen der verschiedenen Staaten haben sich in den letzten Jahren viel mit der Verwendung comprimirten Wasserstoffes, der sich sehr leicht in Stahlflaschen transportiren läßt, zur Füllung von Fesselballons beschäftigt. Abgesehen davon, daß Leuchtgas nicht überall zu haben ist, besitzt er gegenüber diesem den erwähnten Vortheil der größeren Leichtigkeit, so daß mit Wasserstoff gefüllte Ballons bei gleicher Tragfähigkeit wesentlich kleiner sein können wie mit Leuchtgas gefüllte.

Wasserstoffgas wird erhalten, wenn man auf Zinkspäne oder auf Eisenfeilspäne verdünnte Schwefelsäure einwirken läßt. Es entsteht dann das betreffende Metallsalz der Schwefelsäure, und der Wasserstoff, der durch das Metall ersetzt wird, entweicht.

Zur Darstellung im Großen sind diese Verfahren jedoch zu umständlich und kostspielig, und man war schon lange bestrebt, ihn aus dem Wasser auf einfache Weise abzuspalten. Dies gelingt z. B. dadurch, daß man Wasserdampf auf glühendes Eisen einwirken läßt. Es verbindet sich dann das Eisen mit dem Sauerstoffe zu Eisenoxyd, und Wasserstoff entweicht. Weit eleganter aber ist die Gewinnung des Wasserstoffes aus dem Wasser mit Hilfe des elektrischen Stromes, und dieses Verfahren besitzt außerdem noch den unschätzbaren Vortheil, daß gleichzeitig auch Sauerstoff gewonnen wird.

Wird nämlich Wasser mit einer geringen Menge solcher Stoffe, welche seine Leitfähigkeit für den elektrischen Strom erhöhen, versetzt, und nun ein elektrischer Strom durchgeleitet, so zerfällt es in seine beiden Bestandtheile, in Wasserstoff und Sauerstoff. Da sich nun ferner der Wasserstoff an der negativen, der Sauerstoff an der positiven Elektrode abscheidet, so kann man beide Gase gesondert auffangen, und zwar erhält man doppelt so viel Wasserstoff wie Sauerstoff.

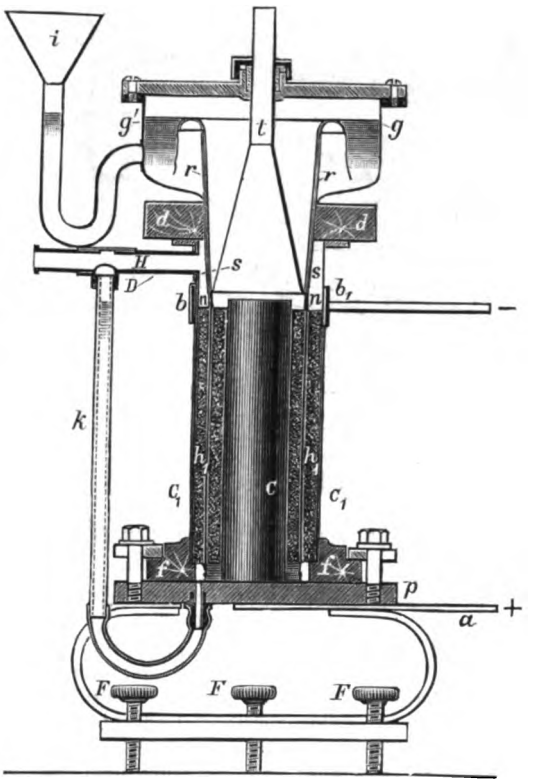
Zur Gewinnung der beiden Gase nach diesem Principe wurden verschiedene Apparate construirt. So besitzt der Apparat von Bell folgende Einrichtung, die durch die Abbildung auf Seite 461 veranschaulicht wird.

Auf der Unterlage p stehen concentrisch zu einander zwei schmiedeeiserne Hohlkörper c und $c_1$ von cylindrischem Querschnitte. Der äußere derselben ist durch die nicht leitende Fassung f von dem inneren isolirt und oben durch den hermetisch schließenden Deckel d verschlossen, durch dessen Mitte ein trichterförmiges Gefäß führt, in das von unten ein conisches Rohr r aufsteigt. In der Mitte zwischen den Hohlkörpern hängt das Asbestgewebe s, welches in seiner Längsrichtung von oben nach unten mit capillaren Stofffasern, wie Leinen oder Baumwolle, durchzogen ist. Das untere Ende des Asbestmantels wird an die isolirende, den inneren Hohlkörper umschließende Hartkautschukfassung angebunden, während das obere Ende über das Rohr r gestülpt ist. Das Gefäß g ist mit einer hermetisch schließenden Platte

Digitized by Google

bedeckt, in deren Mitte ein durch einen Kautschukring abgedichtetes, nach unten sich erweiterndes Rohr t eingesetzt ist, das bis nahe an den oberen Rand des Hohlkörpers c hinabreicht.

Der äußere Hohlkörper $c_1$ ist oben mit einer Düse D versehen, über deren Ende ein Kautschukrohr geschoben werden kann wie über das obere Ende von t; ferner umfaßt ihn auf der äußeren Fläche oben ein kupfernes Band $b_1$ dessen Verlängerung mit dem einen Theile der Stromleitung verbunden wird, während der andere Zweig derselben an die Kupferleitung a anschließt und durch diesen, sowie durch die Platte p mit dem inneren Hohlkörper c in leitende Verbindung gebracht wird. Die beiden Hohlräume h und $h_1$ werden mit zerstückeltem Flußeisen oder irgend einem anderen fein zertheilten, guten Leiter etwa bis zur Höhe n gefüllt. Durch diese Auffüllung werden c und $c_1$ mit dem dazwischen hängenden Mantel s leitend verbunden. Die beiden Hohlkörper einschließlich der Auffüllung bilden die Anode und die Kathode.




Apparat zur Gewinnung von Wasserstoffgas durch Elektrolyse, System Bell.

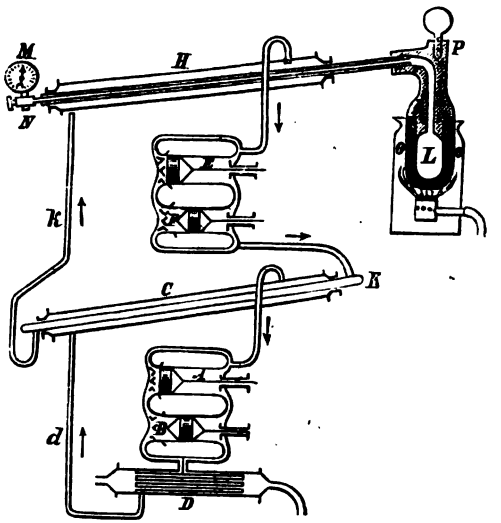
Als Elektrolyt — um das Wasser leitfähig zu machen — dient bei dem Bell'schen Apparate 15%ige Natronlauge, welche durch den mit g verbundenen Trichter i eingegossen wird, bis sie über den Rand von r tritt, und, den Asbestmantel befeuchtend, an diesem herab in das Innere des Apparates rieselt. Dieser saugt dann aus dem Gefäße g' g die Flüssigkeit gleichmäßig nach.

Wird nun der Strom geschlossen, so wirkt er zersetzend auf die Flüssigkeit ein, und man erhält Wasserstoff und Sauerstoff, welche gesondert weiter geleitet und comprimirt werden können.

Die Gewinnungskosten dieser beiden Gase durch Elektrolyse sind sehr gering. So gestattet es der Zersetzungsapparat der Actiengesellschaft vormals Schuckert & Co. in 24 Stunden 100 $m^3$ Sauerstoff und die doppelte Menge Wasserstoff zu erzeugen.

Digitized by Google

Einschließlich der Amortisation und einer 10%igen Verzinsung der Anlage stellen sich dann die Kosten auf Mark 130.—, so daß 1 l Gas ungefähr 44 Pfennige kostet. Jedenfalls ist die elektrolytische Gewinnung aber stets wesentlich billiger als die Darstellung des Wasserstoffes aus Zink und Schwefelsäure, selbst dann, wenn man den Sauerstoff, der, wie wir gesehen haben, unter Vermittlung von Bariumsuperoxyd, beziehungsweise Bariumoxyd auf einfache Weise gewonnen werden kann, entweichen läßt. Es wird dies wohl dazu beitragen, daß man sich in kurzer Zeit schon dieser Gase in der Technik in ausgedehnterem Maße bedienen wird, als dies bisher geschieht.



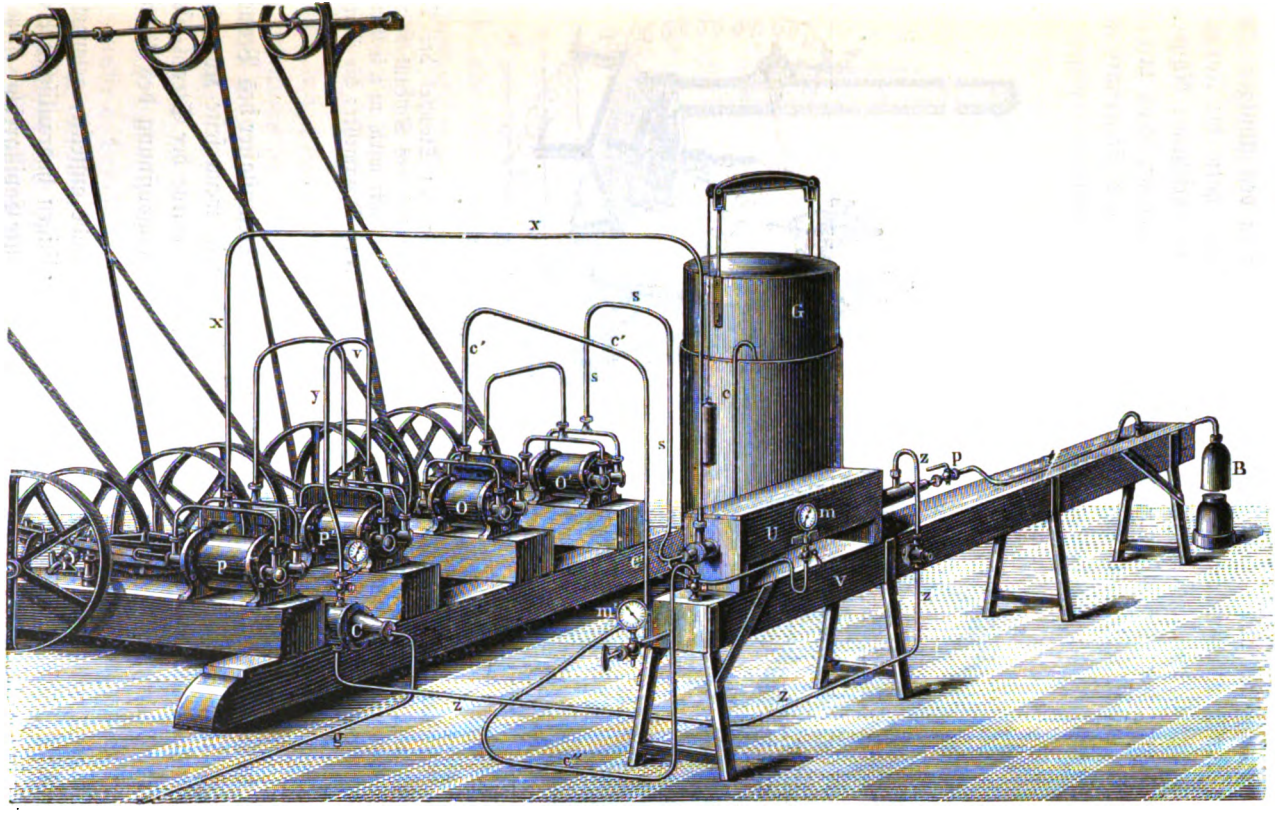

Pictet's Apparat zur Verflüssigung von Sauerstoff und Wasserstoff (schematisch).

A und B zwei Saug- und Druckpumpen nach Compound-Manier verbunden, C Behälter für flüssiges Schwefeldioxyd, D Condensator für das Schwefeldioxyd, d Rücklauf des condensirten Schwefeldioxyds nach C, E und F Saug- und Druckpumpen für Kohlendioxyd, K Condensationsgefäß für Kohlendioxyd, k führt das flüssige Kohlendioxyd nach H, wo es, die Sauerstoffröhre umgehend, rasch verdunstet; N Ventil der Sauerstoffröhre; M Druckmesser; L schmiedeiserne, sehr starke Retorte zur Erzeugung von Sauerstoff; O Gasofen.

Wasserstoff und Sauerstoff waren jene Gase, welche am längsten allen Versuchen, sie zu verflüssigen, widerstanden. Erst bis man sie gleichzeitig einem hohen Drucke und niederer Temperatur aussetzte, gelang es, sie zu Flüssigkeiten zu verdichten. Und zwar gebührt dieses Verdienst den beiden Forschern Pictet und Cailletet, welche unabhängig voneinander ihre Versuche ausführten. Die Verflüssigung des Sauerstoffes gelang Pictet am 22. December 1877, jene des Wasserstoffes am 10. Januar 1878. Die Methoden, welche er anwendete, waren in beiden Fällen die gleichen, sie bestanden, wie erwähnt, in einer Combination von Druck und Abkühlung, und um dies zu erreichen, bediente sich Pictet äußerst genial erdachter Apparate, deren Einrichtung die Abbildungen Seite 462 und 463 veranschaulichen.

Zunächst wurde mit Hilfe einer Dampfpumpe schweflige Säure, die nur durch Wasser gekühlt war, verflüssigt. Diese Verflüssigung erfolgt schon bei gewöhnlicher Temperatur unter einem Drucke von $2^3/_4$ Atmosphären. Das flüssige Schwefeldioxyd umgab einen Metallbehälter, in welchem sich Kohlensäure unter einem Drucke von 5 Atmosphären befand. Nun ließ Pictet die flüssige schweflige Säure verdunsten, und unterstützte dies durch gleichzeitige Absaugung der Dämpfe. Dadurch sank die Temperatur auf —65°, die gleiche Temperatur nahm aber auch die Kohlensäure an, und diese konnte nun leicht verflüssigt werden.

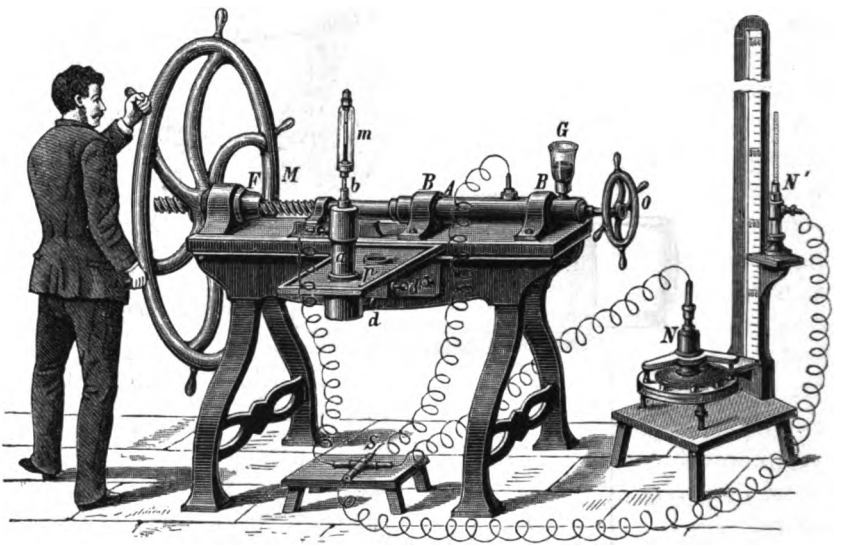
Digitized by Google




Pictet's Apparat zur Verflüssigung von Sauerstoff und Wasserstoff.

Digitized by Google

Die flüssige Kohlensäure wurde nun in ähnlicher Weise zur Abkühlung des in einem Recipienten zusammengepreßten Sauerstoffes benützt, und bei einem Drucke von 471 Atmosphären und —140° C. ging der Sauerstoff in den flüssigen Zustand über. Der Behälter, in welchem sich der Sauerstoff befand, hatte die Form einer schwach geneigten, am tiefsten Punkte mit einem Ventile versehenen Röhre. Als nach Beendigung der Verflüssigung dieses Ventil geöffnet wurde, schoß mit großer Gewalt und unter lebhaftem Geräusche ein Strahl flüssiger Sauerstoff hervor. Allem Anscheine nach ging durch die bei der raschen Verdunstung erzeugte Kälte




Cailletet's Apparat zur Verflüssigung der Gase.

B Cylinder der hydraulischen Presse, F Schraube, deren Drehung den Stempel der Presse bewegt, G mit Wasser gefülltes Gefäß zur Speisung der Presse, O Rad des Schraubenventils, welches G und B abschließt, wenn der Stempel in den Cylinder gedrückt wird, m a b Condensationsrohr, in der Figur auf Seite 465 vergrößert gezeichnet, N N' Druckmesser; die Spiralen sind dünne Kupferrohre.

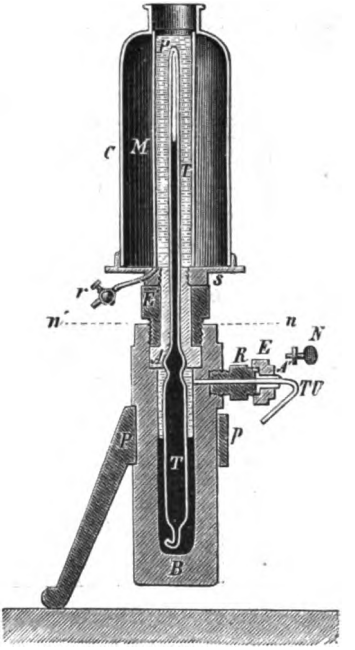
ein Theil auch in feste Form über, denn der gegen das Steinpflaster des Versuchsraumes gerichtete Strahl erzeugte dasselbe Geräusch, wie wenn feste Körper mit großer Heftigkeit dagegen geschleudert worden wären. Auch wurde der Strahl häufig unterbrochen, wahrscheinlich dadurch, daß die Ausströmungsöffnung des Ventiles durch festen Sauerstoff verlegt wurde.

Cailletet, welcher seine Versuche in kleinerem Maßstabe anstellte, gelangte zu einem ähnlichen Resultate. Er preßte mit Hilfe einer kräftigen hydraulischen Presse Quecksilber in eine starkwandige, mit reinem Sauerstoff gefüllte Capillarröhre (siehe die Abbildungen auf Seite 464 und 465), so daß dieser sehr stark zusammengedrückt wurde. Um nun den Sauerstoff entsprechend abzukühlen, öffnete Cailletet rasch einen Hahn,

Digitized by Google

so daß das Quecksilber ausfließen konnte. Dabei mußte sich der comprimirte Sauerstoff ebenfalls sehr rasch ausdehnen, wobei er eine solche Wärmemenge band, daß er weit unter seine kritische Temperatur abgekühlt wurde, und ein Theil sich verflüssigte.

Später gelang es dann verschiedenen anderen Forschern, so Wroblewski in Krakau, dann Olczewski und Dewar auf elegante Weise den Sauerstoff durch bloße Abkühlung zu verflüssigen, wobei nur ein sehr geringer Druck erforderlich war. Die hierzu erforderliche sehr niedere Temperatur wurde durch Verdunsten verflüssigten Aethylengases im luftleeren Raume erzeugt, wobei — 150° C. erreicht wurde.




Condensationsrohr zu Pictet's Apparat.

Zur Verflüssigung des Wasserstoffes bediente sich Pictet desselben Apparates, welchen er zur Verflüssigung des Sauerstoffes benützt hatte. Bei dem enormen Drucke von 650 Atmosphären entströmte dem Ventile ein Strahl von stahlblauer Farbe, und es zeigten sich die gleichen Erscheinungen, wie sie bei der Verflüssigung des Sauerstoffes wahrgenommen werden konnten, so daß aller Wahrscheinlichkeit nach auch ein Theil des flüssigen Wasserstoffes durch die Verdunstungskälte fest wurde.

Den fortgesetzten Bemühungen Pictet's, der seine Apparate im Laufe der Jahre wesentlich verbesserte, gelang es dann auch, Stickstoff, Kohlenoxyd, Sumpfgas und atmosphärische Luft bei einem Drucke von 150 bis 200 Atmosphären und entsprechender Temperatur zu verflüssigen und Temperaturen von — 210 bis 215° zu erzeugen.

Ein neues Verfahren zur Verflüssigung der atmosphärischen Luft, welches auch für die Gewinnung des Sauerstoffes und für andere Zwecke von Bedeutung werden dürfte, rührt endlich von Professor C. Linde in München her, und wurde im October des Jahres 1895 veröffentlicht. Die Beobachtungen, welche Linde und seine Mitarbeiter dabei machten, und die Ausblicke, welche er uns für die Zukunft eröffnet, sind so interessant, daß wir sie wohl etwas ausführlicher besprechen dürfen.

Linde's Verfahren beruht ausschließlich auf der Entspannung stark comprimirter Gase, wodurch er die nöthige Erniedrigung der Temperatur hervorbringt. Die Abbildung auf Seite 466 zeigt eine schematische Skizze seines Apparates, welcher in folgender Weise functionirt.

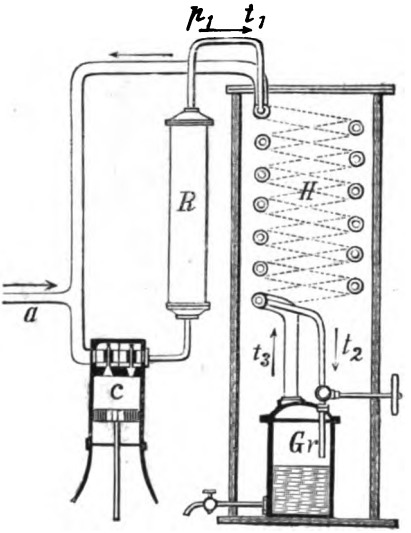
Mittelst der Compressionspumpe C wird die atmosphärische Luft, während gleichzeitig von a her neue Luft angesaugt wird, auf den Druck $p_1$ zusammengepreßt.



Digitized by Google

Die durch die Verdichtung erwärmte Luft durchfließt den Kühler R, in welchem sie durch Wasser auf die Temperatur $t_1$ abgekühlt wird, dann gelangt sie in den eigentlichen Condensator, in den Gegenstromapparat. Dieser besteht aus zwei ineinanderliegenden spiralig aufgewundenen Röhren H, welche gegen Wärmeeinflüsse sorgfältig isolirt sind.

Die comprimirte Luft durchfließt die innere Schlange, in der sie in gleich zu besprechender Weise noch weiter auf die Temperatur $t_2$ abgekühlt wird, und strömt hier durch die Mündung eines Drosselventiles in das Sammelgefäß G aus. Durch die Entspannung sinkt aber die Temperatur der Luft auf $t_3$, und von hier aus kehrt sie durch den ringförmigen Raum zwischen den beiden Schlangen H zum Compressor C zurück, indem sie dabei die ihr im inneren Rohre entgegenfließende, vom Compressor kommende wärmere Luft annähernd auf ihre eigene Temperatur abkühlt. Dadurch wird aber die sich jetzt entspannende Luft noch kälter als die zuerst entwichene. Auf diese Weise kühlt das zurückfließende Gas fortdauernd das comprimirte Gas vor seinem Ausströmen aus dem Sammelgefäße ab, und es ist klar, daß der Effect des continuirlichen Betriebes darin bestehen muß, daß die beiden Temperaturen $t_2$ und $t_3$ immer tiefer sinken werden, bis die Verflüssigung des Gases beginnt, und damit ein Beharrungszustand eintritt.



Linde's Gegenstromapparat.

Die Verflüssigung wird also hier ausschließlich durch die Temperaturerniedrigung bewirkt, welche das zu verflüssigende Gas während seiner Ausdehnung hervorruft. Im gewissen Sinne ist also Linde's Apparat eine vielfach verbesserte und modificirte Anwendung des Principes, dessen sich auch Cailletet zur Verflüssigung der Gase bedient hatte, jedoch mit dem grundlegenden Unterschiede, daß Linde's Apparat die ununterbrochene Arbeit und die Erzeugung beliebig großer Mengen flüssiger Gase gestattet.

Die Zeit, nach deren Ablauf vom Beginne des Betriebes an gerechnet der Apparat flüssige Luft liefert, ist je nach seiner Größe verschieden. Ein großer Apparat mit zwei je 100 m langen Schlangen lieferte nach 15 Stunden stündlich 31 flüssige Luft, ein kleinerer benöthigte zur Erreichung der niedersten Temperatur 5 Stunden und gab pro Stunde 1 l. Wird flüssige Kohlensäure zur Vorkühlung angewendet, so kann dieser Zeitraum noch bedeutend, ja selbst auf weniger als eine Stunde, herabgesetzt werden.

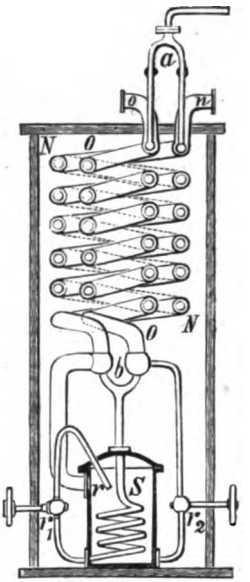
Eine bemerkenswerthe Abänderung dieses Gegenstromprincipes hat Linde zu dem Zwecke ersonnen, um mit Hilfe desselben auf rein mechanischem Wege zwei

Digitized by Google

Gase, etwa Sauerstoff und Stickstoff der Luft, zu trennen. Die Bedeutung dieses Verfahrens ist einleuchtend, denn es gestattet, den Luftsauerstoff in großen Mengen und mit geringen Kosten im nahezu reinen Zustande abzuscheiden. Diese Methode gründet sich auf die Thatsache, daß zwei miteinander gemischte Gase sich zwar im Allgemeinen zu gleicher Zeit verflüssigen, daß bei der Verdampfung der Flüssigkeit der flüchtigere Antheil aber zuerst in den gasförmigen Zustand übergeht.

Soll das Verfahren aber zweckmäßig sein, so müssen die Gase die zu ihrer Verflüssigung benöthigte Kälte der Hauptsache nach im Apparate zurücklassen, d. h. aus ihm wenn möglich mit gewöhnlicher Temperatur austreten.

Zu diesem Zwecke wird, wie die nebenstehende Abbildung veranschaulicht, die aus dem Kühler kommende comprimirte Luft bei a in zwei Gegenstromapparate N und O verzweigt, deren innere Schlangen sich bei b wieder vereinigen, so daß der gesammte Luftstrom zunächst eine Kühlschlange S im Sammelgefäße passirt und dann bei r in das Sammelgefäß selbst ausströmt. Die der Kühlschlange S entzogene Wärme veranlaßt eine Verdampfung des flüchtigen Stickstoffes aus der flüssigen Luft im Sammelgefäße, der im äußeren Mantel von N aufsteigt, und nachdem er seine Kälte an den im inneren Rohre entgegenkommenden Luftstrom abgegeben hat, bei n die Maschine verläßt.



Linde's Gegenstromapparat zur mechanischen Trennung von Gasen.

Die durch diesen Vorgang sauerstoffreicher gewordene Flüssigkeit im Sammelgefäße steigt allmählich in den äußeren Mantel von O auf, verdampft hier in Folge der Wärmeabgabe der inneren Schlange und verläßt, nachdem auch sie ihre niedere Temperatur der Luft im inneren Rohre mitgetheilt hat, bei o die Maschine als mehr oder weniger reiner Sauerstoff. Ob mehr oder minder reiner Sauerstoff erhalten wird, hängt von der stärkeren oder schwächeren Drosselung des Ventiles $r_2$ ab, welches das Verhältnis zwischen der im Sammelgefäße befindlichen Flüssigkeitsmenge und der wirksamen Heizfläche der Spirale S regelt. Versuche ergaben die Möglichkeit, 5 m³ Luft von gewöhnlicher Temperatur und Druck pro Stunde und Pferdekraft in Sauerstoff und Stickstoff zu zerlegen.

In anderen Ländern stehen leider Gelehrten und Forschern stets reichlichere Geldmittel zu wissenschaftlichen Zwecken zur Verfügung, als — anderswo, besonders haben sich englische und amerikanische Forscher wohl noch nie über mangelndes Entgegenkommen in pecuniärer Hinsicht zu beklagen gehabt. So wurde Professor James Dewar in London in die Lage versetzt, einen großen Apparat, der als ein Triumph der modernen Ingenieurkunst bezeichnet werden muß, nach dem Linde'schen Principe zu bauen, um mit großen Mengen flüssiger Gase zu experimentiren.



Digitized by Google

Bevor er jedoch an die Ausführung dieser Experimente, die ein ebenso interessantes wie lehrreiches Ergebnis zu Tage förderten, schreiten konnte, mußte er vorher noch eine andere Frage lösen, er mußte nämlich die Aufbewahrung größerer Mengen flüssiger Gase ermöglichen.

Mit welchen Schwierigkeiten er dabei zu kämpfen hatte, beweist ein einfacher Vergleich. Nehmen wir an, wir würden bei einer durchschnittlichen Temperatur von +250° leben, und wollten mit Aether, dessen Siedepunkt bei 32·5° liegt, experimentiren. Der Aether würde im Augenblicke in Dampf verwandelt sein, und wir wären unter gewöhnlichen Umständen nicht in der Lage, ihn im flüssigen Zustande zu erhalten. Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse nun bei Versuchen mit flüssigen Gasen. Gegenüber der Temperatur der flüssigen Luft sind alle Körper, deren wir uns bedienen, geradezu glühend, und Dewar mußte daher zunächst Gefäße herstellen, deren Wandungen ebenso für die Wärmeleitung wie für die Wärmestrahlung undurchdringlich sind, um in diesen die flüssigen Gase aufzubewahren. Beiden Forderungen wurde er jedoch in ebenso einfacher wie eleganter und genialer Weise gerecht.

Die Wärmeleitung eliminirte er durch Verwendung doppelwandiger Glasgefäße, deren Zwischenraum sorgfältig luftleer gemacht war. Da die Wärme eines Trägers bedarf, um sich durch Leitung fortzupflanzen, war ihr hier, da in dem Zwischenraume die Luft fehlte, diese Möglichkeit entzogen. Die Wärmestrahlen pflanzen sich jedoch auch durch den luftleeren Raum fort, und um sie unschädlich zu machen, überzog Dewar die Wandungen des Aufbewahrungsgefäßes mit einer spiegelnden Schicht, welche die Wärmestrahlen, in gleicher Weise wie die Lichtstrahlen, zurückwarf. Und diesen Spiegel erzeugte er in einfacher Weise dadurch, daß er etwas Quecksilberdampf in den luftleeren Zwischenraum eintreten ließ. Der Quecksilberdampf verdichtete sich unter dem Einflusse der gewaltigen Kälte sofort an den Wänden zu einem spiegelnden Belage. In solchen Gefäßen konnte flüssiger Sauerstoff Stunden hindurch als stille, klare, stark lichtbrechende Flüssigkeit von himmelblauer Farbe aufbewahrt werden, und der geniale Forscher war in der Lage, ungehindert und in Ruhe seine Experimente auszuführen.

An die Luft gebracht, kocht flüssiger Sauerstoff heftig und stößt unter zischendem Geräusche dicke weiße Wolken aus, welche auf die Verdichtung der stets in der Luft enthaltenen Feuchtigkeit zurückzuführen sind. Eine Wasserstoffflamme brennt, in das flüssige Gas getaucht, weiter, aber das entstehende Wasser wirbelt als Schnee empor, und gleichzeitig wird eine bedeutende Menge Ozon gebildet. Holzkohle oder Baumwolle mit flüssigem Sauerstoffe getränkt, verbrennen unter Explosion, wenn sie auf Rothglut erhitzt werden, Zinn und andere Körper werden beim Eintauchen durch die enorme Kälte zähe und elastisch wie Stahl, Graphit und Diamanten verbrannten auf dem flüssigen Sauerstoffe u. s. f.

Auch feste, also gefrorene Luft hat Dewar erzeugt, sie bildet eine steife, durchsichtige Gallerte. Leitet man die Dämpfe des im Vacuum siedenden flüssigen Sauerstoffes, wobei die Temperatur auf — 230° sinkt, durch ein von gewöhnlicher

Digitized by Google

Luft umspültes Rohr, so condensirt sich an seinen Wandungen die Luft, wie im Winter der Wasserdampf an den Fensterscheiben, und es rieselt ein heftiger Regen flüssiger Luft hernieder, der ein untergestelltes Gefäß als leichtbewegliche, blaßblaue Flüssigkeit anfüllt.

Ein großes, nicht genug zu würdigendes Verdienst Pictet's, ursprünglich Professor in Genf, war es, zuerst die technische Verwendung so bedeutender Kältegrade, wie sie die verflüssigten Gase zu erzeugen gestatten, angebahnt zu haben. Zu diesem Zwecke gründete er in Berlin und dann auch in Paris eine Gesellschaft zur Verwerthung flüssiger Gase, und dort werden auch verschiedene von ihm gemachte Vorschläge praktisch verwerthet.

So wurden bei Anwendung des nach den gewöhnlichen Methoden gereinigten Chloroforms zur Narkotisirung stets eine gewisse Anzahl von Todesfällen verzeichnet, deren Ursache man sich nicht recht erklären konnte, die aber jedenfalls auf eine ungünstige Wirkung des Chloroforms auf den Organismus zurückzuführen waren. Pictet schlug nun vor, das Chloroform durch Auskrystallisiren zu reinigen. Bei einer Temperatur von — 100 bis 150° erstarrt es in schönen durchsichtigen Krystallen, und diese Krystalle bestehen aus vollkommen reinem Chloroform, während die Verunreinigungen eine schwerer krystallisirende Mutterlauge bilden. Dieses „Chloroform Pictet" eignet sich bedeutend besser zu Narkotisirungen, es wirkt schneller und in geringerer Menge, die unangenehmen Nebenwirkungen, besonders Erbrechen, Kopfschmerz und Uebelkeit sind bedeutend seltener, und Todesfälle kommen nur mehr ganz vereinzelt vor. Dagegen wirkt die von den Krystallen durch Centrifugiren abgeschleuderte Mutterlauge höchst schädlich, und endlich führt sie zu Athmungslähmungen. Auch andere Narkotica, wie Aether, Bromäthyl, Chloräthyl, Stickstoffoxydul, das sogenannte Lachgas, werden jetzt unter Anwendung sehr niederer Temperaturen in vollkommener Reinheit dargestellt.

Auch Wein und Cognac, welche man tiefen Temperaturen aussetzt, werden in merkwürdiger Weise verändert. Cognac wird durch das Auskrystallisiren dunkler, und aus dem Weine scheiden sich Flocken ab, welche nicht wieder in Lösung gehen. In beiden Fällen ist aber der Erfolg der gleiche: Wein und Cognac zeigen dann die Eigenschaften sehr alter Waare, nur daß der Vorgang des „Alterns" hier in ebenso vielen Stunden verläuft, als sonst Jahre erforderlich sind.

Ein anderes hochinteressantes Gebiet, welches ebenfalls erst von Pictet erschlossen wurde, ist das Studium des Verhaltens der Körper zu einander bei sehr niederen Temperaturen, wie sie mit Hilfe seiner Apparate erzeugt werden können.

So wirken beispielsweise Schwefelsäure und Aetznatron bei gewöhnlicher Temperatur äußerst heftig aufeinander ein. Bei — 125° aber, bei welcher Temperatur die Schwefelsäure gefroren ist, reagirt sie nicht auf das Aetznatron, die Reaction vollzieht sich erst bei — 80°, dann aber explosionsartig, so daß die Gefäße, welche die Schwefelsäure enthalten, zertrümmert werden. Auch metallisches Natrium verhielt sich unter — 50° gegenüber Schwefelsäure indifferent. Ja, dieses Metall, welches

Digitized by Google

sich an der Luft sofort mit einer bleiartigen Oxydschicht überzieht, behielt sogar in der Schwefelsäure seinen Metallglanz bei, und die Einwirkung erfolgte erst, als die Temperatur — 50° betrug.

Solcher Beispiele giebt es noch viele. Blaue alkoholische Lackmustinctur wird unter — 110° von Schwefelsäure nicht roth gefärbt, Chlorknallgas explodirt nicht, wenn es auf — 250 abgekühlt wird, Phosphor raucht und leuchtet bei — 200° nicht mehr, und bei — 213° erlischt auch die Empfindlichkeit der sensibelsten photographischen Platte gegen directes Sonnen- oder Magnesiumlicht.

Wir sehen aus allen diesen Beispielen, daß jene Eigenschaften der Körper, welche wir als „normal" bezeichnen, dies nur mit Rücksicht auf jene Verhältnisse sind, unter welchen wir uns befinden. Würden wir bei einer Temperatur von — 200° leben, so wären wir nur mit wenigen gewöhnlich gasförmigen oder flüssigen Körpern bekannt, und auch ihr Reactionsvermögen aufeinander würden wir mit einem anderen Maßstabe messen. Und eine unter Berücksichtigung solcher Verhältnisse abgefaßte Chemie würde unbedingt den Satz enthalten: „Natrium wirkt bei gewöhnlicher Temperatur auf Schwefelsäure nicht ein, wohl aber, wenn man die Schwefelsäure vorher erwärmt."

Zum mindesten ebenso interessant wie diese Beobachtungen chemischer Natur sind auch zahlreiche physiologische Experimente, welche von Pictet ausgeführt wurden.

Hält man beispielsweise den nackten Arm etwa 10 Minuten lang in einen auf — 105° abgekühlten Raum, jedoch ohne die Metallwände desselben zu berühren, so verspürt man in allen Geweben eine eigenthümliche Empfindung, die anfangs nicht schmerzhaft ist, sich aber bald zu lebhafter Schmerzempfindung, namentlich in dem die Knochen umgebenden Gewebe steigert. Bei directer Berührung von Flüssigkeiten oder Metalltheilen, welche unter — 80° abgekühlt sind, erfolgt „Kälteverbrennung", welche sich in schweren Fällen wesentlich von der Wärmeverbrennung unterscheidet. Die Haut röthet sich und wird am anderen Tage violett; der Fleck vergrößert sich wohl auch noch in den nächsten Tagen. Schließlich stirbt wohl gar das Gewebe an der verbrannten Stelle ab und wird durch Monate währende Eiterung abgestoßen.

Um die Einwirkung tiefer Temperaturen auf den Gesammtorganismus zu untersuchen, experimentirte Pictet auch mit Kaninchen, Hunden und Meerschweinchen. Ein kurzhaariger Hund von 8 kg Gewicht wurde in einen auf — 60 bis 92° abgekühlten Behälter gebracht, der zur Verhütung von Verbrennungen sorgfältig ausgepolstert war, so daß sich das Thier bloß in einem Bade von kalter und trockener Luft befand. Um die Körpertemperatur controliren zu können, wurde in der hinteren glattrasirten Schenkelbeuge ein Thermometer befestigt und das Bein am Rumpfe festgebunden.

Während der ersten 10 Minuten, welche das Thier der Kälte ausgesetzt war, stieg die Temperatur um $^1/_2$°: die Natur kämpfte gegen die andringende tödtliche Kälte durch Beschleunigung der Athmung, des Blutkreislaufes und des gesammten

Digitized by Google

Stoffwechsels an. Gleichzeitig wurde der Hund unruhig und fraß gierig Brot. Nach 25 Minuten kehrte das Thermometer auf seinen ursprünglichen Stand von + 37° zurück; die Respiration blieb tief und beschleunigt. 1 Stunde 10 Minuten später stand die Quecksilbersäule noch auf gleicher Höhe. Der Puls schlug immer heftiger, aber das Thier selbst wurde ruhiger, und fraß in der nächsten halben Stunde noch ungefähr 100 g Brot. Dann begann die Körpertemperatur langsam um $^1/_2{}^0$ zu sinken, während der übrige Zustand unverändert blieb. Plötzlich wurde die Respiration schwächer, der Puls flüchtiger und die Körpertemperatur sank auf 22° herab. In diesem Augenblicke erlosch die Lebenskraft, nachdem sie $1^1/_2$ Stunden lang dem todtbringendem Einflusse getrotzt hatte; es gelang nicht mehr, das rasch aus dem Kasten genommene und bewußtlose Thier ins Leben zurück zu rufen.

Ein richtiger Forscher, dem es um die Ergründung der Naturerscheinungen ernst ist, beschränkt sich aber nicht nur darauf, mit leblosen Körpern oder mit Thieren zu experimentiren, er wird unter Umständen auch nicht zögern oder davor zurückschrecken, den eigenen Körper zu Versuchszwecken zu verwenden. Dies hat auch Pictet gethan. Die außerordentliche Steigerung aller physiologischen Functionen, wie sie sich besonders in der Erregung starken Hungergefühles zeigte, veranlaßte ihn, da er in Folge eines chronischen Magenübels seit Jahren an Appetitlosigkeit, Verdauungsstörungen und sonstigen Beschwerden litt, die Wirkung starker Kälte an sich selbst zu versuchen. Angethan mit schützenden Kleidungsstücken stieg er in den Kälteapparat, der bis auf — 110° abgekühlt werden konnte. Kopf und Schultern ragten aus dem Recipienten heraus.

In den ersten 4 Minuten, während welcher die Temperatur auf — 70° sank, verspürte Pictet nichts. Dann stellte sich am ganzen Körper ein schwer zu beschreibendes Kitzeln ein, der Puls schlug rascher, die Athemzüge vermehrten sich, Hungergefühl begann sich zu regen, das sich allmählich zu unerträglicher Heftigkeit steigerte. Nach $8^1/_2$ Minuten verließ Pictet den Apparat, ohne irgend ein Kältegefühl zu empfinden. Bald jedoch trat eine merkwürdige Reaction ein: der ganze Körper schien eine Viertelstunde lang wie von unzähligen spitzen, stechenden Nadeln durchbohrt zu sein.

Nach acht weiteren Versuchen, wobei die Dauer des Aufenthaltes in dem Kälteraume zwischen 8 und 10 Minuten schwankte, war Pictet von seinem Magenleiden so gründlich geheilt, daß er binnen 4 Monaten 10 kg an Körpergewicht zunahm. Mit überraschendem Erfolge wird dieses neue Heilverfahren, die Frigotherapie Pictet's, auch zur Heilung von Gelenk- und Muskelrheumatismen, Ischias und den verschiedensten Neuralgien, dann aber auch zur localen Anästhesie bei Zahnoperationen, Oeffnen von Geschwüren ꝛc. angewendet, indem man rasch verdunstende und dadurch stark abkühlend wirkende Stoffe, wie Chlormethyl, Chloräthyl, selbst feste Kohlensäure auf die betreffenden Körperstellen bringt.

Trockene Diatomeen, Bakterienculturen, Sporen und Samen höherer Pflanzen konnten selbst durch die enorme Kälte von — 200° bei directem Eintauchen in flüssige Luft nicht getödtet werden. In dieser unglaublichen Widerstandsfähigkeit der

Digitized by Google

Samen findet Italo Giglioli eine wichtige Stütze für die Hypothese, daß das Leben auf dem Erdballe von Keimen herrühre, die, in Meteorsteinen eingeschlossen, von anderen Planeten, welche älter sind als die Erde, auf diese gelangt sind, und denen die tiefe Temperatur des Weltraumes, den sie durchreisen mußten, nichts anhaben konnten. Und da unterhalb einer gewissen Temperatur jede chemische Thätigkeit ruht, so schließt Pictet, daß das Leben nicht, wie die Physiologie bisher angenommen hat, lediglich auf chemischer Wechselwirkung beruht, sondern, wie etwa die Gravitation, eine selbstständige Naturkraft sei, die, immer und überall vorhanden, nur einer passenden Organisation bedürfe, um noch äußerlich in Erscheinung zu treten und sich weiter zu entwickeln, vorausgesetzt, daß Licht, Luft und Wärme in genügender Menge zugeführt werden.

Dies ist allerdings eine Hypothese, und es ist mehr als zweifelhaft, daß sie jemals greifbare Gestalt wird annehmen, und daß uns solche Experimente, wie die besprochenen das tiefste Mysterium der Natur, das große Lebensräthsel lösen werden. Jedes Experiment, jede Auffindung einer neuen Thatsache ist aber ein Baustein in dem großen Gebäude der Naturforschung, von dem man nie voraussagen kann, ob er nicht dereinst ungeahnte Wichtigkeit erlangen wird. Dies gilt von den kyrogenetischen Experimenten im Allgemeinen und von dieser Frage im Besonderen. Daß aber auch solche rein wissenschaftliche Studien, wie die Pictet's über das Verhalten der Körper bei sehr tiefen Temperaturen eine praktische Bedeutung besitzen, zeigen die wenigen Beispiele, welche wir angeführt haben, und es ist durchaus nicht ausgeschlossen, daß in wenigen Jahren diese Aufzählung noch wesentlich vermehrt werden kann. — — —

Wir verlassen nun dieses Thema und wollen noch einen bei gewöhnlicher Temperatur gasförmigen Körper besprechen, welcher ebenfalls in verflüssigtem Zustande in den Handel gebracht wird. Es ist dies die schweflige Säure, deren Darstellung und Eigenschaften wir schon an einer anderen Stelle dieses Buches kennen gelernt haben.

Die schweflige Säure, welche verflüssigt werden soll, wird in der Regel nicht durch Verbrennen von Schwefel oder durch Zersetzung von Schwefelsäure, indem man diese in einem dünnen Strahle auf geschmolzenen, in einer eisernen Retorte auf 400° erhitzten Schwefel fließen läßt, erzeugt, sondern man benützt die Gase, welche aus Blenderöstöfen entweichen. Man leitet die Gase durch einen mit Coaksstücken gefüllten Thurm, in welchem sie von herabrieselndem Wasser absorbirt und dabei von anderen Gasen getrennt werden, und erhitzt die verdünnte, unten abfließende schweflige Säure in Bleipfannen zum Sieden. Dabei entweicht ziemlich reine und concentrirte schweflige Säure, der mitgehende Wasserdampf wird condensirt, und schließlich das Gas noch vollständig mittelst concentrirter Schwefelsäure getrocknet. Das Gas tritt dann in den Verflüssigungsapparat ein, die Verflüssigung gelingt sehr leicht, da die schweflige Säure schon bei — 10° und gewöhnlichem Drucke flüssig wird und bei höherer Temperatur nur ein relativ geringer Druck erforderlich ist.

Digitized by Google

Die schweflige Säure wird als Bleichmittel verwendet, so besonders zum Bleichen thierischer Stoffe, welche durch Chlor nicht farblos, sondern gelb werden. Dann dient sie als Conservirungsmittel, zum Schwefeln eingemachter Früchte, des Bieres und Weines, als Desinfectionsmittel und zu vielen anderen Zwecken. Auch in flüssiger Form wird sie angewendet, und zwar als Schmiermittel in den Pictet'schen Eismaschinen, da bei der erzeugten niederen Temperatur jedes der gewöhnlichen Schmiermittel vollkommen versagen würde.

Zahlreiche Industrien benöthigen in ihren Betrieben niederer Temperaturen, wie Brauereien, Schlächtereien u. s. f., überhaupt bedient man sich zur Conservirung der Nahrungsmittel mit Vorliebe des Eises, und vermeidet es, sie mit Conservirungsmitteln zu versetzen. Dies ergab aber die Nothwendigkeit, niedere Temperaturen und Eis auf künstlichem Wege leicht und billig herstellen zu können, und führte zur Construction von Kühlmaschinen und zur Errichtung von Eisfabriken.

In den Kühl- und Eismaschinen wird die Eigenschaft der Gase, beim Uebergange aus dem comprimirten Zustande auf gewöhnlichen Atmosphärendruck Wärme zu binden, angewendet und ausgenützt. Die Gase werden also zunächst durch die Maschine zusammengepreßt und durchströmen dann ein System von Metallröhren, in welchen sie sich ausdehnen und gleichzeitig abkühlend wirken. Aus diesen Röhren werden sie durch ein Pumpwerk wieder angesaugt, durch Druck verflüssigt, abermals vergast u. s. f., sie befinden sich also in einem fortwährenden Kreislaufe.

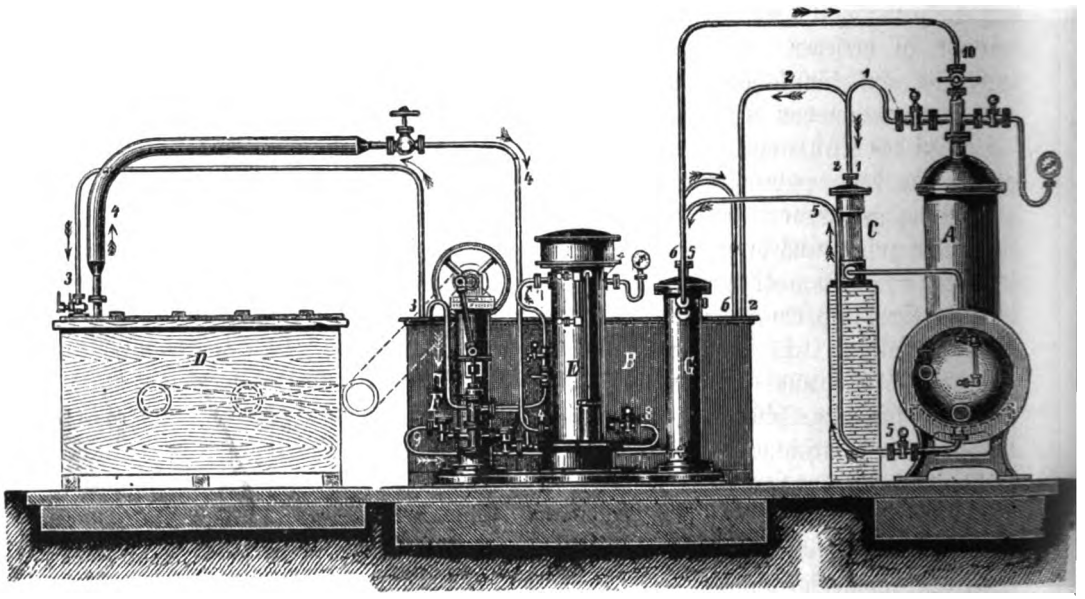
Als Füll- und Betriebsmaterial für die Eismaschinen verwendet man Ammoniak, schweflige Säure oder flüssige Kohlensäure. Es wird genügen, wenn wir uns mit der Einrichtung eines Systemes dieser Maschinen, deren es eine Unzahl giebt, vertraut machen. Wir wählen die Ammoniak-Eismaschine der Halle'schen Maschinenbauanstalt, welche die Abbildung auf Seite 474 veranschaulicht.

Der Kessel A dieser Maschine ist bis zu zwei Drittel seiner Höhe mit concentrirter Ammoniakflüssigkeit gefüllt. Wird diese erhitzt, so entweicht gasförmiges Ammoniak, das durch das Rohr 1 nach dem Gastrockencylinder C geleitet wird. Von hier aus gelangt es durch das Rohr 2 nach der Schlange des Condensators B, und von hier durch das Rohr 3 bis an den Hahn, welcher auf der Oberfläche des Eisbildners D angebracht ist und mit den Schlangenrohren in dessen Innerem in Verbindung steht. Bei Beginn der Arbeit wird der Hahn geschlossen, auch während des Ganges nur sehr wenig geöffnet. Dadurch erfährt das Ammoniakgas auf dem beschriebenen Wege eine Zusammenpressung auf 10 bis 12 Atmosphären, dem durch den Druck erwärmten Gase wird die Wärme im Condensator entzogen. Durch die Abkühlung und den Druck verflüssigt sich das Ammoniak und tritt in diesem Zustande in die Schlangenrohre des Eisbildners ein.

Diese Schlangenrohre liegen in einer Chlorcalciumlösung, deren Gefrierpunkt tiefer liegt als die tiefste mit Hilfe dieser Maschine erzeugte Temperatur. Indem nun das flüssige Ammoniak verdampft, bindet es Wärme und entzieht diese der Chlorcalciumlösung, welche dadurch auf einige Grade unter Null abgekühlt wird.

Digitized by Google

Das in den Schlangenrohren wieder zu Gas gewordene Ammoniak geht durch das Rohr 4 nach dem Absorptionsgefäße E. Gleichzeitig kommt aus dem Kessel die ammoniakarme Flüssigkeit, aus der durch Erhitzung das Gas ausgetrieben wurde, durch das Rohr 5, den Temperaturwechselcylinder G, das Rohr 6 nach der kleineren Schlange des Condensators B, und von hier durch das Rohr 7 nach dem Absorptionsgefäß E, wo sie das aus dem Eisbildner strömende Ammoniakgas absorbirt. Diese wieder ammoniakreiche Flüssigkeit wird mittelst der Pumpe durch das Rohr 8 angesaugt und durch das Rohr 9, den Wechselcylinder G



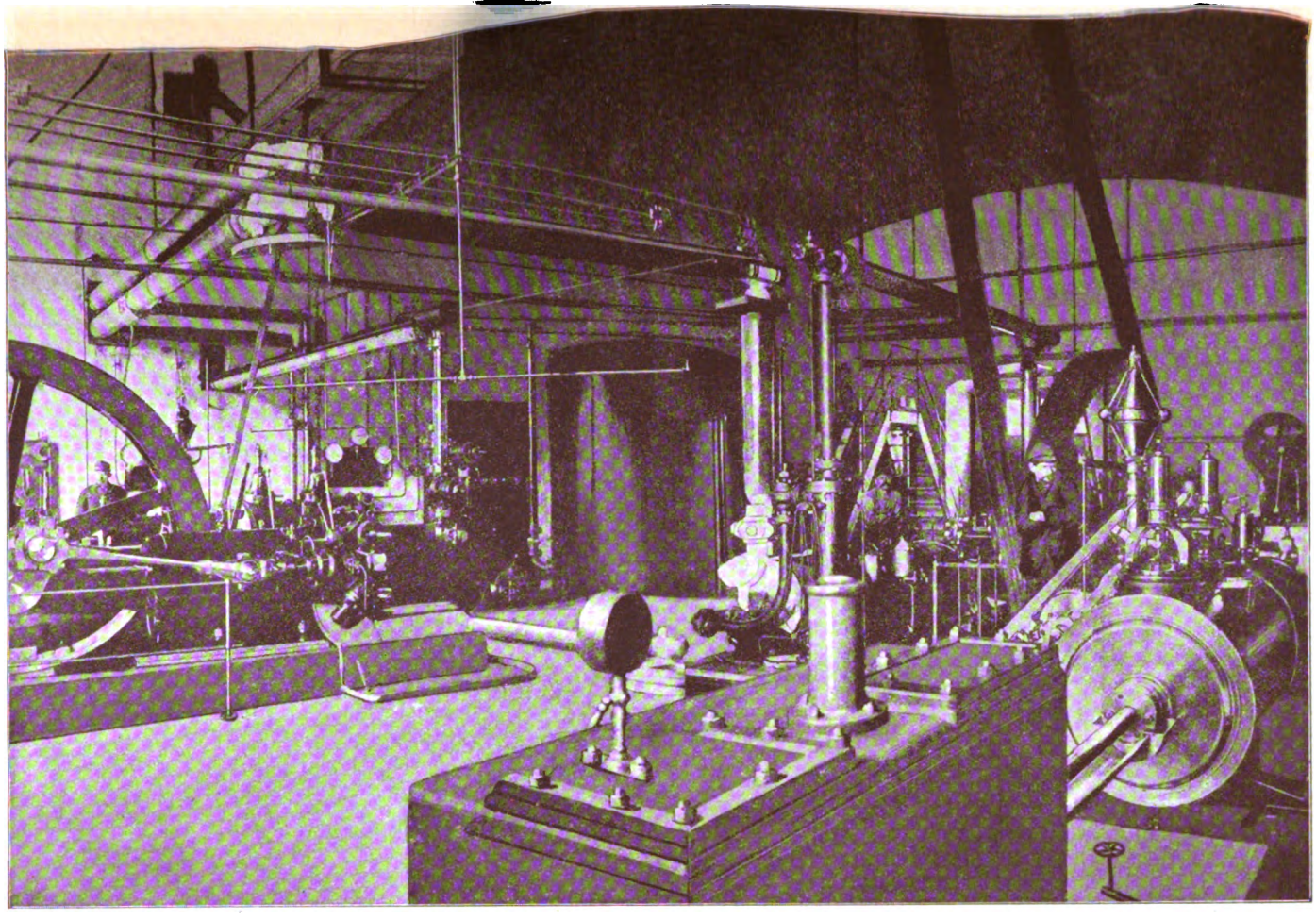

Ammoniak-Eismaschine der Halle'schen Maschinenbauanstalt zu Halle.

und das Rohr 10 nach dem Kessel gedrückt, in welchem neuerdings durch Erwärmung das Ammoniakgas ausgetrieben wird.

In der auf die angegebene Weise unter Null Grad abgekühlten Chlorcalciumlösung hängen die Formen, in welchen das Eis erzeugt werden soll. Es sind dies hohe vierkantige, abgestutzte Pyramiden, die sich jedoch nur schwach verjüngen, sie werden mit reinem Wasser gefüllt und dann in die Chlorcalciumlösung gebracht. Nach und nach sinkt die Temperatur des Wassers, und es erstarrt zu einem klaren, reinen Eisblocke.

Nun werden die Formen, deren stets mehrere an einem Laufkrahne hängen, aus der Chlorcalciumlösung gehoben, kurze Zeit in warmes Wasser gesenkt, um den Eisblock von den Wandungen loszulösen, und nun vorwärts bewegt. Sie stoßen bald mit ihrem unteren Theile an eine Barrière an. Die Vorwärtsbewegung wird

Digitized by Google



Kühlanlage.

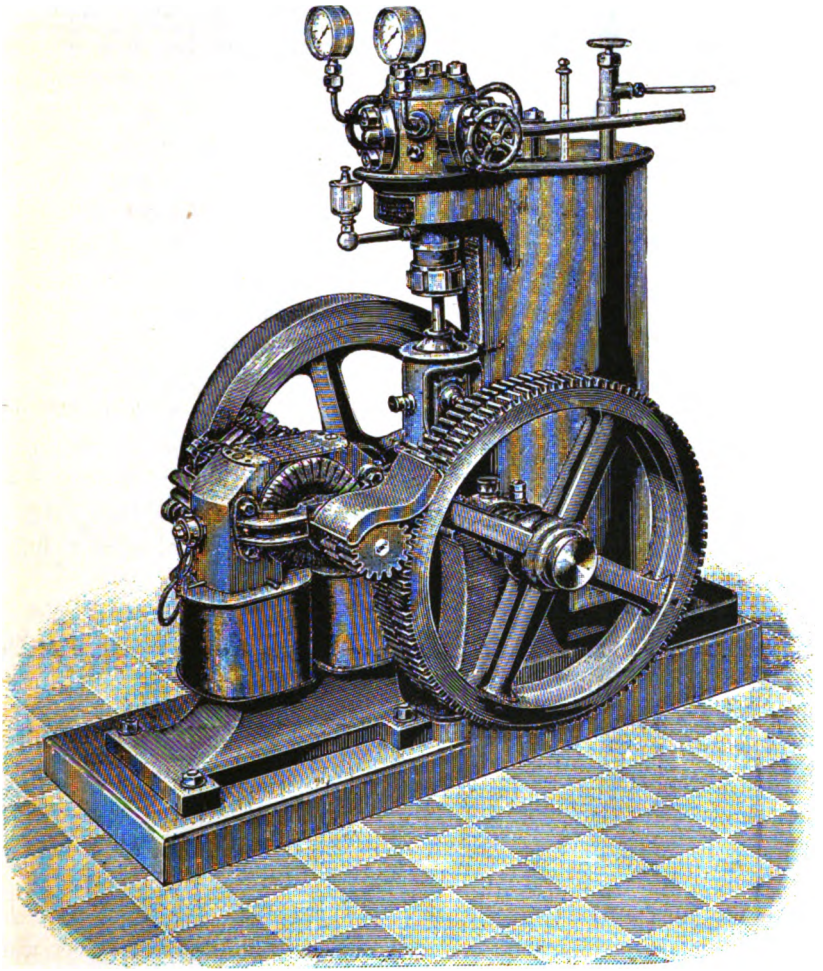
(Aus dem bürgerl. Brauhause in Pilsen.)

Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

Digitized by Google

jedoch nicht unterbrochen und gleichzeitig werden die Formen gesenkt. Sie gehen dadurch allmählich in eine schräge und endlich nach abwärts geneigte Lage über. In diesem Augenblicke gleiten die Eisblöcke aus den Formen und schießen über eine schiefe Ebene in den Keller, in welchem sie aufbewahrt werden.



Kühlmaschine mit elektrischem Antrieb.
(Construction der Halle'schen Maschinenbauanstalt in Halle.)

In allen größeren Städten bedient man sich schon längere Zeit mit Vorliebe des künstlichen Eises, und dies mit Recht. Denn die Verwendung trüben, schmutzigen Natureises kann viele Gefahren mit sich bringen; wir erinnern nur daran, daß Bakterien selbst bei Temperaturen unter — 200° nicht getödtet werden. Das Wasser

Digitized by Google

ist nun sehr häufig der Träger, beziehungsweise Ueberträger ansteckender Krankheiten und im Eise können solche Krankheitskeime sehr leicht verschleppt und übertragen werden.

Von der größten Bedeutung sind aber Kühlanlagen und Eisfabriken für die Versorgung großer Städte mit frischem Fleische, überhaupt mit frischen Nahrungsmitteln. Dadurch, daß man die modernen Schlachthäuser mit Kühlräumen versieht, kann das Fleisch lange Zeit vollkommen frisch erhalten werden und die Fleischer sind nicht genöthigt, nicht verkauftes Fleisch anderweitig zu verwerthen, um es vor dem Verderben zu bewahren. Die Kälte ist überhaupt ein treffliches Conservirungsmittel. So fand eine wissenschaftliche Expedition in Sibirien im Eise eingefroren ein vollständig erhaltenes Mammut, also ein Thier, von dessen Dasein wir sonst nur durch Knochenfunde Kenntnis erhalten und von dem wir annehmen müssen, daß es noch vor dem ersten Auftreten des Menschen gelebt hat und ausgestorben ist. Dieses Mammut war vollkommen unversehrt und sein Fleisch frisch, die Hunde, denen es vorgeworfen wurde, fraßen es mit großer Begierde.

Auch die großen Dampfer, welche den Ocean durchpflügen, sind mit großen Kühlanlagen ausgerüstet und auf diese Weise befähigt, selbst bei langer Fahrt stets frisches Fleisch und frisches Gemüse auf den Tisch zu bringen. Man baut auch kleine, compendiöse Kältemaschinen, welche leicht untergebracht werden können und zum Betriebe nur einer geringen Kraft bedürfen, so daß auch kleinere Schiffe sich solcher Apparate bedienen können und dadurch der ausschließlichen Verwendung der Conserven, deren Genuß schon nach kurzer Zeit zur Qual werden soll, enthoben sind.

Wir sehen also, daß die Industrie der Gase ein hochwichtiges Gebiet bildet, welches nicht nur für zahlreiche Industrien von höchster Bedeutung ist, sondern auch dem Städter manchen Vortheil bringt, welche einzig und allein der Eigenschaft zusammengepreßter oder verflüssigter Gase, sich bei der Ausdehnung abzukühlen, zu verdanken ist. Zum Betriebe der Maschinen, deren sich Pictet und Dewar bedienen, wie nicht minder zu jenen der gewöhnlichen, industriellen Zwecken dienenden Eismaschinen bedürfen wir aber einer Kraft und diese erzeugen wir durch Verbrennung von Kohle unter dem Dampfkessel. Es wird also Wärme, oder wenn wir wollen, die in der Steinkohle schlummernde Energie der Sonne in Kälte umgesetzt. Die gleiche Wärmemenge aber, die das Gas bei seiner Ausdehnung seiner Umgebung entzieht, wurde während des Zusammenpressens oder während der Verflüssigung frei, und diese Wärmemenge entspricht wieder der Energie, welche wir in Form von Steinkohle geopfert haben. Es ist dies eines der zahlreichen Beispiele des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft, und es lehrt uns ferner, daß sowohl sehr hohe wie auch sehr niedere Temperaturen nur verschiedene Erscheinungsformen der Kraft sind, die wir wohl umwandeln, nicht aber erschaffen oder zerstören können.

Digitized by Google

# Die Gewinnung der Metalle.

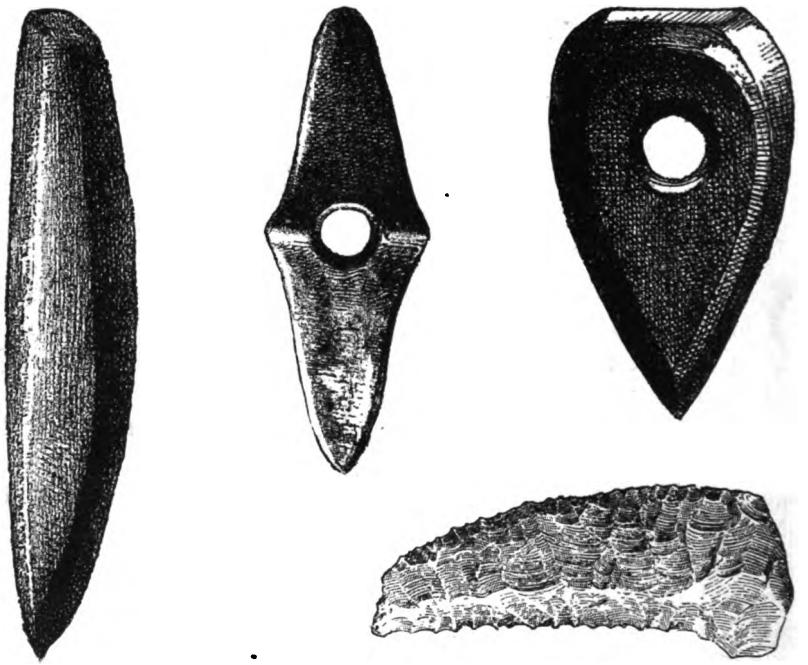
Die früheste Epoche in der Entwickelung des Menschengeschlechtes pflegen die Archäologen als „Steinzeit“ zu bezeichnen. Der Mensch befand sich in jenen Tagen noch auf der untersten Stufe der Cultur, und besonders kam dies dadurch zum Ausdrucke, daß ihm der Gebrauch, die Gewinnung und Bearbeitung der Metalle unbekannt war. Die wenigen Werkzeuge und Waffen, deren er sich zur Fristung seines kümmerlichen Daseins bediente, waren aus Stein verfertigte Geräthschaften und Beile, Hammer, Pfeil- und Lanzenspitzen, einseitig zugeschärfte Steinstücke, welche als Messer dienten, sind charakteristische, sich häufig wiederholende Funde, die aus der „Steinzeit“ stammen.

Erst viel später wurde der Mensch mit den Metallen bekannt und er lernte sie formen und verwenden. Die Erklärung für diesen Umstand ist nicht schwer zu geben. Nur wenige Metalle kommen gediegen in der Natur vor, die meisten derselben und darunter gerade die technisch wichtigen sind nur als Erze, in Form chemischer Verbindungen vorhanden, aus denen erst durch besondere Operationen das Metall selbst abgeschieden werden muß.

Dieser Umstand macht es auch begreiflich, daß das erste Metall, welches man gewinnen und verwerthen lernte, nicht das heute herrschende Eisen, sondern das Kupfer war. Dieses kommt einerseits gediegen in der Natur vor, andererseits besitzen die Kupfererze die Eigenschaft, verhältnismäßig leicht das in ihnen verborgene Kupfer frei zu geben. Das Kupfer selbst war seiner großen Weichheit und geringen Widerstandsfähigkeit wegen nicht sonderlich geeignet, zur Anfertigung von Waffen und Werkzeugen zu dienen, wenn es sich auch weitaus leichter formen und bearbeiten ließ, wie der harte und spröde Feuerstein. Neben dem Kupfer standen Steinwerkzeuge daher noch lange in Verwendung, ja es vermochte nicht einmal die aus Knochen verfertigten Werkzeuge jener Zeit, wie Nadeln u. dgl. zu verdrängen.

Digitized by Google

Erst als man gelernt hatte, dem Kupfer durch Legirung mit Zinn eine größere Härte zu verleihen, gelangte das Metall allgemein zur Herrschaft. Die Bronze, wie diese harte, aber doch leicht formbare und herzustellende Legirung genannt wird, wurde nun zu den verschiedensten Zwecken verwendet. Man verfertigte daraus Werkzeuge und Waffen, Gefäße, Schmuckgegenstände und ähnliche Dinge und die „Bronzezeit" zeigt uns, besonders in ihren späteren Abschnitten, das Bild einer verhältnismäßig weit vorgeschrittenen Cultur, in welcher auch schon das künstlerische Element eine Rolle spielte.



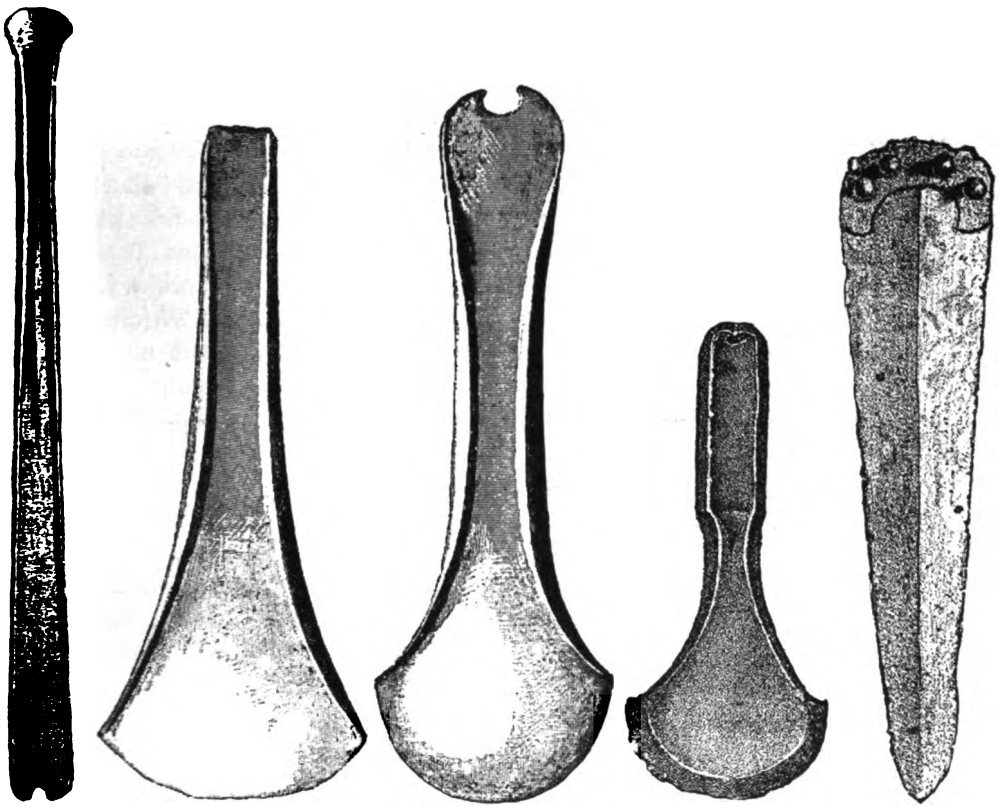
Prähistorische Steinwerkzeuge, $^1/_2$ natürl. Gr.

Als man aber das Eisen kennen und gewinnen gelernt hatte, war es natürlich um die Herrschaft der Bronze geschehen. Es war fast an allen Orten, der großen Verbreitung der Eisenerze wegen, zu erhalten, es ließ sich härten und wurde nach und nach zum Alleinherrscher unter den Metallen und diese Stellung hat es bis auf unsere Tage beibehalten.

Neben dem Eisen und dem Kupfer kennen wir heute aber noch eine große Reihe solcher Elemente, welche wir als „Metalle" bezeichnen und die ebenfalls Gegenstand der Gewinnung und Verarbeitung wurden. Wenn sie auch lange keine so allgemeine und ausgedehnte Anwendung finden wie das Eisen, so sind sie doch von großer Bedeutung für unser Leben und deshalb dürfen sie in dieser Besprechung auch nicht übergangen werden.

Digitized by Google

Die Erze, jene Form, in welcher die meisten Metalle in der Natur vorkommen, sind chemische Verbindungen der Metalle mit den verschiedensten Elementen und den wenigsten sieht man es überhaupt an, daß in ihnen ein glänzendes Metall verborgen ist. Um nun aus diesen Erzen das Metall zu isoliren, müssen die chemischen Verbindungen zerlegt und gespalten werden und dies kann natürlich wieder nur durch chemische Processe erfolgen. Unsere gesammte Metal-



Geräthe aus der Bronzezeit (Schmalmeißl, Flachbeile und Dolch) aus Böhmen, 1/2 natürl. Gr.

lurgie ist daher ein ausschließlich auf chemischer Grundlage beruhendes Gewerbe von großer Vielseitigkeit, je nach der Beschaffenheit, der Zusammensetzung der zu verarbeitenden Erze. Die moderne Metallurgie ist aber ein Gebiet von solcher Ausdehnung, daß wir es uns versagen müssen, es in allen seinen Einzelheiten zu schildern. Wir müssen uns vielmehr darauf beschränken, nur die Gewinnung der wichtigsten Metalle in großen Zügen zu besprechen, um dadurch wenigstens einen Ueberblick über dieses ausgedehnte und hochinteressante Gebiet der angewandten Chemie zu erlangen.

Digitized by Google

Die chemischen Elemente pflegt man in Metalle und Nichtmetalle einzutheilen. Diese Eintheilung ist zwar sehr alt, nichtsdestoweniger aber willkürlich, denn es läßt sich nicht ein einziger in allen Fällen zutreffender Unterschied angeben, durch welchen sich diese beiden künstlich geschaffenen Classen scharf voneinander trennen ließen.

So lange man nur über geringe chemische Kenntnisse verfügte, war eine solche Eintheilung vielleicht gerechtfertigt und schon das äußere Ansehen mancher Metalle, die Metallglanz, ein hohes specifisches Gewicht und die Eigenschaft besaßen, gute Leiter der Wärme und der Elektricität zu bilden, war bestimmend, sie als „Metalle" in einer großen Gruppe zu vereinen. Nun besitzt auch der Graphit Metallglanz und die Fähigkeit, Elektricität zu leiten, es wird aber niemandem einfallen, ihn unter die Metalle zu zählen, und ähnliche Beispiele könnten noch in großer Anzahl erbracht werden.

Auch der Metallglanz ist kein wirklicher Unterschied. Das Platin ist bekanntlich ein glänzendes Metall, wir vermögen es aber auch in ein zartes, schwarzes Pulver zu verwandeln, das überhaupt nicht glänzt, aber durchaus keine Verbindung des Platins ist, sondern metallisches Platin selbst mit allen seinen sonstigen Eigenschaften begabt. Selbst das höhere specifische Gewicht der Metalle konnte nur so lange als Kennzeichen dienen, als man einzelne Metalle noch nicht darzustellen gelernt hatte. Wohl ist das Iridium 22mal, das Gold 19mal, das Kupfer und Eisen 7- bis 8mal schwerer als ein gleiches Volumen Wasser. Das Aluminium, dieses prächtige, silberähnliche Metall, dessen Darstellung im Großen man erst seit wenigen Jahren betreibt, besitzt dagegen nur das specifische Gewicht 2·7 und das Lithium, das leichteste aller Metalle, ist sogar specifisch leichter wie das Wasser. 1 l Wasser wiegt bekanntlich 1 kg, 1 l Lithium würde nur 594 g wiegen.

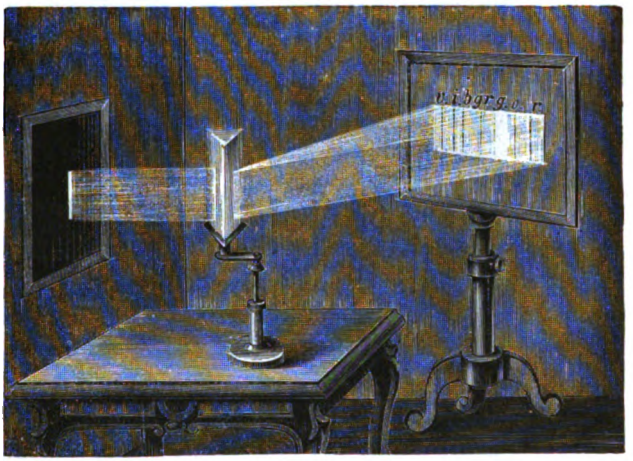
Wenn es nun auch nicht gelingt, die Elemente nach ihrem chemischen und physikalischen Verhalten in zwei Gruppen, in die der Nichtmetalle und der Metalle zu unterscheiden, so vermögen wir trotzdem jene Gruppe von Elementen, die wir als Metalle zu bezeichnen pflegen, unter sich in Familien eintheilen, in welchen die einzelnen Glieder untereinander eine größere oder geringere Aehnlichkeit besitzen. Solche natürliche Familien bilden beispielsweise die Alkalimetalle: Lithium, Natrium, Kalium, Rubidium und Cäsium, Mangan, Eisen, Kobalt und Nickel stehen sich in vielen Beziehungen sehr nahe, desgleichen Kupfer, Quecksilber und Silber, Gold, Platin und die Platinmetalle u. s. f. Die ähnlichen Eigenschaften bedingen in manchen Fällen auch ähnliche Verfahren der Darstellung und aus diesem Grunde, um Wiederholungen zu vermeiden, wird es wohl am besten sein, wenn wir die Metalle nach ihrer Familienzusammengehörigkeit besprechen. Dabei wollen wir aber nur bei jenen länger verweilen und uns mit ihnen eingehender beschäftigen, die praktisch und technisch von Bedeutung sind, oder deren Verbindungen unser Interesse beanspruchen.

Wir beginnen mit der Familie der Alkalimetalle.

Einzelne Verbindungen dieser Metalle haben wir schon kennen gelernt, so das Chlornatrium und das Chlorkalium, das Aetznatron und Aetzkali, dann kohlen-

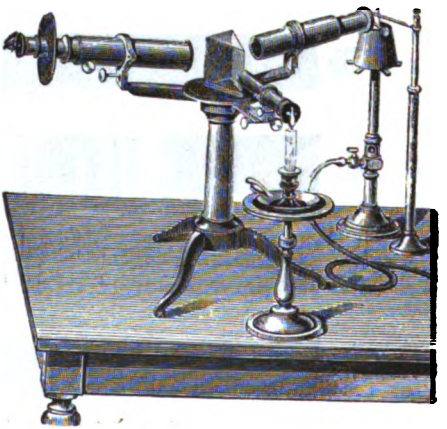
Digitized by Google

saures und schwefelsaures Kalium und Natrium, kieselsaure Salze u. s. f. Aber nicht nur diese und andere Verbindungen der Alkalimetalle und besonders des Natriums und Kaliums sind in der chemischen Industrie und im täglichen Leben von Bedeutung, sondern auch die Metalle selbst. Diese sind silberweiß, doch verbinden sie sich mit großer Leichtigkeit mit dem Sauerstoffe der Luft und das Wasser zersetzen sie, wie wir wissen, schon bei gewöhnlicher Temperatur unter Entwickelung von Wasserstoff. Man muß sie deshalb vor Sauerstoff und Feuchtigkeit geschützt aufbewahren, und zwar in der Weise, daß man sie in Petroleum legt.



Auflösung des Sonnenlichtes mit Hilfe des Prismas.

Abgesehen von ihrer Fähigkeit, Wasser zu zersetzen, die, wenn auch in beschränkterem Maße und erst bei höherer Temperatur auch anderen Metallen zukommt, zeichnen sich die Alkalimetalle auch noch durch andere bemerkenswerthe Eigenschaften aus. Die sinnfälligste ist wohl die, daß sie nichtleuchtenden Flammen eigenthümliche und charakteristische Färbungen zu ertheilen vermögen: Lithium prächtig purpurroth, Natrium gelb, Kalium und Rubidium violett, Cäsium blau-violett. Diese Färbungen können dazu dienen, um diese Metalle selbst, sowie ihre Verbindungen zu erkennen. Noch sicherer aber gelingt die Unterscheidung, wenn wir die Flammenfärbungen nicht mit freiem Auge, sondern mit Hilfe des Spectralapparates betrachten.



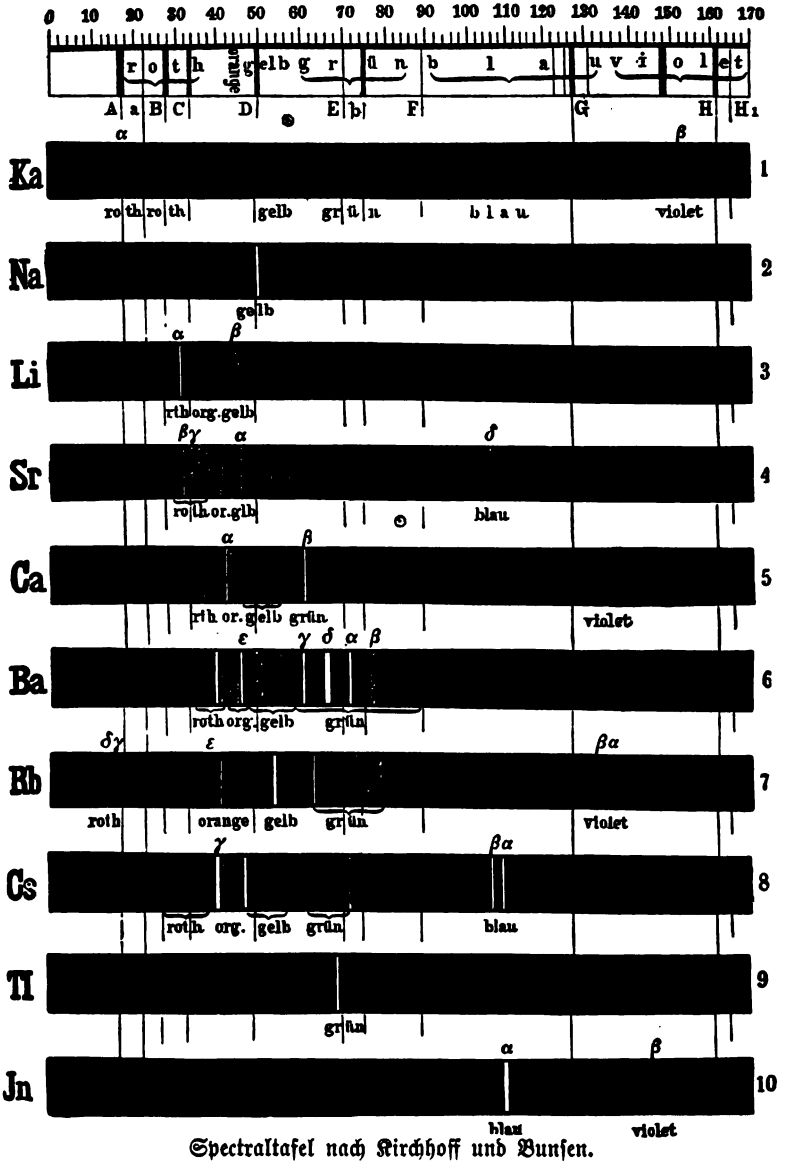
Spectralapparat.

Bekanntlich wird das Licht, wenn wir es ein Glasprisma passiren lassen, in die einzelnen Farben des Regenbogens, in die Spectralfarben zerlegt. In ihrer Aufeinanderfolge sind diese roth, orange, gelb, grün, blau und violett. Diese Eigenschaft des Lichtes, mit Hilfe eines Prismas zerlegt zu werden, gestattet es nun, jede Lichtart auf ihre Zusammensetzung zu untersuchen.



Digitized by Google

Die Apparate, mit deren Hilfe dies geschehen kann, die „Spectralapparate“ bestehen im Wesentlichen aus einem Rohre, welches am Ende durch eine Platte




Spectraltafel nach Kirchhoff und Bunsen.

1 Kalium, 2 Natrium, 3 Lithium, 4 Strontium, 5 Calcium, 6 Barium, 7 Rubidium, 8 Cäsium, 9 Thallium, 10 Indium.

verschlossen ist, in dieser befindet sich ein feiner Spalt, der durch eine Vorrichtung beliebig erweitert oder verengt werden kann. Durch diesen Spalt tritt das Licht,

Digitized by Google

welches wir näher untersuchen wollen, ein. Zunächst passirt es eine Sammellinse, durch welche es auf eine Fläche des im Centrum des Apparates stehenden Prismas aus sehr stark lichtbrechendem Glase (Flintglas) geworfen wird; hier erfährt es die erwähnte Zerlegung in die Spectralfarben. Mit Hilfe eines Fernrohres wird das aus dem Prisma austretende Licht unmittelbar beobachtet.

Eine solche Vorrichtung ist zwar relativ einfach, aber auch nicht besonders leistungsfähig. Man hat deshalb an den Spectralapparaten verschiedene Verbesserungen angebracht und sie dadurch außerordentlich vervollkommt. Den spectroskopischen Untersuchungen verdanken wir aber eine große Summe höchst bemerkenswerther Kenntnisse, und, wie wir gleich sehen werden, vermittelten sie uns nicht nur die Kenntnis neuer Elemente, sondern sie gestatteten auch, die Zusammensetzung ferner Weltkörper zu erforschen. An Stelle des einen Prismas werden bei den großen Spectralapparaten deren mehrere verwendet, wodurch eine stärkere Brechung des Lichtes erzielt wird. Ferner sind Vorrichtungen vorhanden, um gleichzeitig zwei Lichtarten beobachten und vergleichen zu können, endlich tragen die meisten dieser Instrumente noch ein drittes Rohr, in welchem sich eine auf Glas geätzte Scala befindet. Wird hinter diese eine Kerzenflamme gestellt, so erscheint die Scala ebenfalls, und zwar wesentlich vergrößert im Gesichtsfelde und gestattet es, jeden Punkt im Spectrum mit großer Schärfe zu bestimmen.

Um das Spectrum eines Körpers beobachten zu können, muß er als glühendes Gas vorhanden sein. Dies wird in der einfachsten Weise erreicht, indem man eine Spur des betreffenden Körpers in die nichtleuchtende Flamme des sogenannten Bunsenbrenners bringt. Bei der hohen Temperatur verflüchtigt sich der Körper, die Dämpfe werden glühend, und das Licht, welches sie ausstrahlen, wird in dem Prisma zerlegt.

Führen wir an dem Platindrahte eine Natriumverbindung, beispielsweise Chlornatrium in die Flamme ein, so sehen wir augenblicklich im Spectralapparate eine helle, gelbe Linie aufleuchten und in guten Instrumenten sehen wir, daß zwei gelbe, sehr nahe bei einander liegende Linien vorhanden sind. Merken wir uns nun die Stelle, an welcher dieses Linienpaar erschien, was mit Hilfe der erwähnten Scala sehr leicht geschehen kann und untersuchen wir nun eine große Reihe anderer Körper auf die gleiche Weise, so erblicken wir wohl zahlreiche andere Linien, aber keine einzige, welche mit diesen beiden gelben Linien identisch ist. Dagegen ergeben alle Natriumverbindungen oder metallisches Natrium selbst immer die gleichen charakteristischen gelben Linien, und zwar immer genau an derselben Stelle des Gesichtsfeldes.

Wie das Natrium verhalten sich auch die anderen Körper. Jeder derselben sendet im gasförmigen, glühenden Zustande Licht aus, welches mit Hilfe des Spectralapparates zerlegt, besondere Linien, die stets an den gleichen Stellen erscheinen, erkennen läßt. Diese Linien sind sowohl durch ihre Farbe, als auch durch ihre Lage genau charakterisirt. Während sich das Natrium durch die gelben Linien sofort zu erkennen giebt, zeigt das Kalium eine hellere und eine minder



Digitized by Google

helle Linie im rothen, und eine violette Linie im violetten Theile des Spectrums. Das Barium besitzt charakteristische grüne, das Calcium orangerothe Linien u. s. f.

Man hat nun die Spectren aller uns bekannten Körper studirt und die Lage der charakteristischen Linien bestimmt, und aus ihrer Farbe, Anzahl und Anordnung war man befähigt, die Natur des untersuchten Körpers festzustellen, und anzugeben, ob bloß ein Körper oder ein Gemenge vorlag. Diese Gesetzmäßigkeit führte aber auch zur Entdeckung neuer, bis dahin noch nicht bekannter Körper.

Bunsen und Kirchhoff, welche durch ihre classischen Untersuchungen das Spectroskop zu einem der wichtigsten Hilfsmittel des Chemikers ausbildeten, beobachteten nämlich im Spectrum eines Minerales, des Lepidoliths, sowie in jenem der Dürkheimer Soole neue, bis dahin nicht bekannte Linien. Daraus schloßen sie, daß in diesen beiden Stoffen noch unbekannte Elemente stecken müssen, denen sie, nach ihren charakteristischen Linien die Namen Cäsium und Rubidium beilegten. Später gelang es dann thatsächlich auch, diese Elemente, die zur Familie der Alkalimetalle gehören, zu isoliren.

Fr. Bunsen.

Die Mengen der Körper, welche nöthig sind, um ihre Spectra mit aller Deutlichkeit wahrnehmen zu lassen, sind äußerst gering. So wird die gelbe Natriumlinie schon durch den drei millionsten Theil eines Milligrammes dieses Stoffes hervorgerufen, dies genügt aber auch, um die Anwesenheit von Natrium mit voller Sicherheit feststellen zu können. Die Spectralanalyse ist daher auch von ganz besonderer Schärfe, und in dieser Hinsicht kommt ihr keine andere chemische Reaction auch nur annähernd gleich. Als ein zweites Beispiel für die Empfindlichkeit des Spectralapparates wollen wir anführen, daß kurze Zeit nach dem Genusse lithiumhaltigen Wassers das Lithium, welches sich im Spectralapparate durch eine schwache gelbe und eine sehr hellleuchtende rothe Linie erkenntlich macht, im Schweiße mit aller Schärfe nachgewiesen werden kann. Mit Hilfe des Spectralapparates kann man aber nicht nur Körper, welche auf unserer Erde vorhanden sind, erkennen, man hat ihn auch gegen die Sonne und andere Weltkörper gerichtet, und aus den Linien ersehen, daß auch diese fernen Weltkörper aus denselben Stoffen aufgebaut sind wie die Erde selbst. Ein Element, welches man mit Hilfe des Spectro-

Digitized by Google

skopes in der Sonne nachwies, auf der Erde aber noch nicht gefunden hatte, das Helium, wurde vor kurzer Zeit auch auf unserer Erde entdeckt. So konnte mit Hilfe der Spectralanalyse der Nachweis erbracht werden, daß alle Himmelskörper aus den gleichen Grundstoffen bestehen, was eine neue Bestätigung der Folgerung bildete, daß ihr Ursprung der gleiche ist, und sie alle von einem großen Centralkörper abstammen. — — — —

Die Alkalien wurden lange Zeit hindurch für einfache Körper gehalten, aber schon Lavoisier schloß aus ihrer Aehnlichkeit mit den Metalloxyden, daß sie Metalle enthalten. Diese Vermuthung fand ihre Bestätigung, als es H. Davy im Jahre 1807 gelang, aus ihnen die Metalle Natrium und Kalium darzustellen.

Davy beschreibt diese Entdeckung mit folgenden Worten: „Ein Stückchen reines Kali, welches einige Secunden der Atmosphäre ausgesetzt war, um seine Oberfläche durch Anziehen von Feuchtigkeit leitend zu machen, wurde auf eine isolirte Platinscheibe gelegt, welche in Verbindung stand mit der negativen Seite einer Batterie mit 250 Platten, die in intensiver Thätigkeit war, und ein Platindraht, der mit der positiven Seite verbunden war, wurde in Berührung mit der Oberfläche des Kalis gebracht. Der ganze Apparat befand sich in der offenen Atmosphäre.

Unter diesen Umständen fand eine lebhafte Einwirkung statt. Das Kali fing an seinen beiden Elektrisationspunkten zu schmelzen an; an seiner Oberfläche fand ein lebhaftes Aufbrausen statt, während an der unteren Seite keine elastische Flüssigkeit entwickelt wurde; aber kleine Kügelchen mit lebhaftem starken Metallglanze erschienen, von denen einige mit Explosion und heller Flamme verbrannten, sobald sie gebildet waren, andere blieben, liefen aber an und wurden dann mit einem weißen Ueberzuge bedeckt.

Wie viele Versuche zeigten, waren diese Kügelchen die Substanz, die ich suchte, ein eigenthümlich brennbares Princip, die Basis des Kalis."

Die Entdeckung des Kaliums und des Natriums, welches Davy in der gleichen Weise darstellte, erregte großes Aufsehen wegen der merkwürdigen Eigenschaften der neuen Metalle. Einige hielten sie aber nicht für Elemente, sondern für Verbindungen solcher mit Wasserstoff. Die genaue Untersuchung dieser Körper stellte jedoch bald ihre elementare Natur fest.

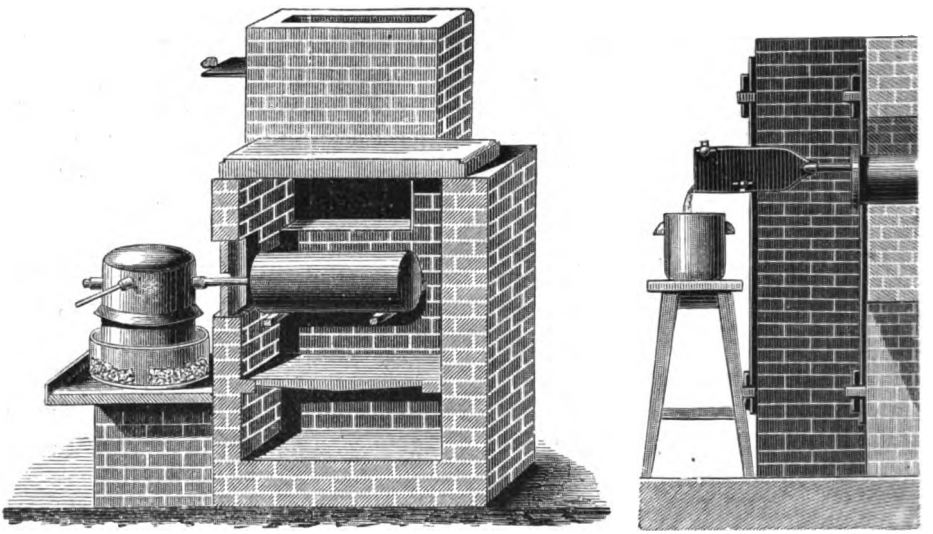
Zur Darstellung des Natriums wurden verschiedene Verfahren angegeben. Die älteren derselben gehen von der Soda aus und reduciren diese bei Weißglut durch Kohle. Das entstehende Natrium destillirt in eiserne Vorlagen über, welche zum Theile mit Petroleum gefüllt sind und durch Wasser gekühlt werden.

In neuerer Zeit hat man diesen Apparat wesentlich verbessert. Man gab der Vorlage die Form einer flachen Flasche, in welcher sich der Natriumdampf verdichtet und durch eine Oeffnung in einen mit Petroleum gefüllten Topf fließt. Doch verbrennt hier etwa ein Drittel des erzeugten Natriumdampfes gleichzeitig mit dem auftretenden Kohlenoxyd. Ferner wird ein Theil des Natriumcarbonates nicht reducirt, und es gelingt nach diesem Verfahren überhaupt nur ein Drittel

Digitized by Google

der theoretischen Menge metallischen Natriums zu erhalten. Auch ist der Betrieb nicht continuirlich, und nach jeder Destillation muß der Apparat auseinandergenommen und frisch beschickt werden.

Man hat daher bessere und zweckmäßigere Apparate construirt und verwendete beispielsweise eine aufrechtstehende Thonretorte, welche mit Kohlenstücken gefüllt und auf Weißglut erhitzt wurde. Durch ein bis auf den Boden reichendes Rohr floß geschmolzenes Aetznatron zu. Bei der hohen Temperatur verflüchtigt es sich, und der Dampf wird in Berührung mit der glühenden Kohle zu Natriummetall reducirt. Wird nun Aetznatron und Kohle gleichmäßig nachgefüllt, so gelangt



Apparate zur Darstellung der Alkalimetalle.

man zu einem continuirlichen Betriebe, der noch dadurch verbessert wurde, daß sich eisenhaltige Kohle als besser wirkendes Reductionsmittel erwies.

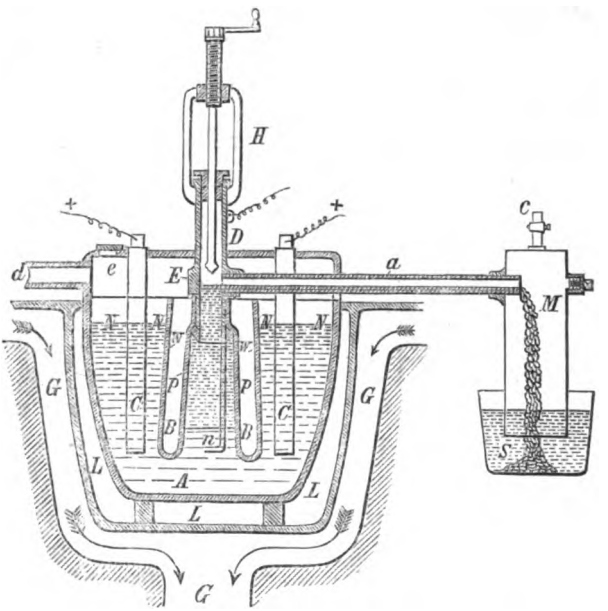
In neuester Zeit bedient man sich des elektrischen Stromes zur Darstellung von Natrium aus dem Chloride. Grabau, von dem dieses Verfahren ersonnen wurde, verwendet als negativen Pol eine Glocke, in welcher sich das Metall abscheidet und das geschmolzene Chlorid nach und nach vollständig verdrängt. Dadurch ist die Wiedervereinigung des metallischen Natriums mit dem gleichzeitig bei der Elektrolyse entstehenden Chlore ausgeschlossen. Diese Glocken werden jedoch sehr stark angegriffen und unterliegen dadurch sehr rasch der Abnützung.

Die Abnützung wird aber hier weniger durch das geschmolzene Natrium, als vielmehr dadurch bedingt, daß die Leitung des Stromes durch die Wandung der Polzelle erfolgt. Dies umgeht er bei der neueren Construction seines Apparates dadurch, daß er den unteren Rand der glockenförmigen Polzelle B nach oben bis

Digitized by Google

über den höchsten Punkt der Kochsalzschmelze N führt. Es entsteht dadurch ein ringförmiger Raum wp, welcher frei bleibt, und einen Uebergang des Stromes von der außerhalb der Polzelle befindlichen Schmelze zu der innerhalb derselben befindlichen verhindert. Der Tiegel A, in welchem die Zersetzung vorgenommen wird, steht in dem Luftbade L, und dieses wird durch Generatorgase, welche durch den Raum G geführt werden, geheizt. Als positive Elektroden dienen Kohlenstäbe C, welche um die Glocke angeordnet sind. Die Glocke B selbst ist mit dem hohlen eisernen Körper E verbunden, welcher den negativen Pol bildet und mit der Schmelze durch die Stange n in leitende Verbindung gebracht wird. Die Bohrvorrichtung H hat den Zweck, etwaige Verstopfungen beheben zu können.

Das durch den elektrischen Strom abgeschiedene metallische Natrium besitzt ein geringeres specifisches Gewicht wie die Schmelze. Es steigt innerhalb der Glocke empor, sammelt sich auf der Schmelze an, und fließt schließlich in dem Maße, wie es sich bildet, durch a nach M in das Gefäß S ab. Die Glocke M kann durch c mit indifferenten Gasen gefüllt werden, um das Natrium, bevor es in das Petroleum fließt, vor Oxydation zu schützen. Das gleichzeitig entstehende Chlor wird durch d abgeleitet, frisches Kochsalz wird von Zeit zu Zeit bei e eingeführt.




Apparat zur Darstellung des Natriums durch Elektrolyse, System Grabau.

Dank den verschiedenen Verbesserungen, welche die Methoden zur Darstellung des Natriums erfuhren, ist der Preis desselben erheblich zurückgegangen. Während 1 kg dieses interessanten Metalles ursprünglich 100 Francs kostete, stellt es sich heute auf ungefähr 2 Mark. Die leichte und billige Gewinnung des Natriums war seinerzeit deshalb ein Problem, an dessen Lösung man eifrig arbeitete, da nur mit Hilfe des Natriums Aluminium dargestellt werden konnte. Auch zur Gewinnung des Magnesiums wurde Natrium verwendet. Seit man jedoch gelernt hat, sowohl Aluminium, wie auch Magnesium mittelst des elektrischen Stromes in einfacher und billiger Weise zu gewinnen, hat die Fabrikation des Natriums wesentlich an Bedeutung verloren. Es dient fast nur mehr zur Darstellung einiger

Digitized by Google

organischer Verbindungen, ferner wird es verwendet, um Aether und ähnliche Flüssigkeiten auch von den letzten darin enthaltenen Wassertheilchen zu befreien. Zu diesem Zwecke wird das metallische Natrium zu dünnem Draht ausgepreßt und in die zu entwässernde Flüssigkeit eingetragen. Man läßt sie einige Zeit stehen, während welcher sich das Natrium mit dem vorhandenen Wasser zu Natriumhydroxyd verbindet, und destillirt dann den Aether ab.

Von noch geringerer Bedeutung wie das Natrium ist das ihm so nahe verwandte Metall Kalium. Seine Darstellung erfolgt in genau der gleichen Weise entweder durch Reduction von kohlensaurem Kalium oder von Kaliumhydroxyd mittelst Kohle, oder aber mit Hilfe des elektrischen Stromes aus geschmolzenem Chlorkalium.

Den Alkalimetallen stehen in mancher Beziehung die Erdalkalimetalle Calcium, Barium und Strontium sehr nahe. Im freien Zustande kommen sie in der Natur nicht vor, doch bilden sie, besonders das Calcium, zahlreiche technisch wichtige Verbindungen, welche wir zum Theile schon kennen gelernt haben. Die Metalle Calcium, Barium und Strontium, welche ebenfalls durch Elektrolyse dargestellt werden können, und das Wasser zu zersetzen vermögen, sind technisch von gar keiner Bedeutung und ihre Darstellung erfolgt auch nur im allerkleinsten Maßstabe, um Objecte für Sammlungen zu erhalten.

Von weitaus größerer Bedeutung sind dagegen die Metalle der Magnesiumgruppe, zu welcher das Beryllium, Magnesium, Zink und Cadmium gehören. Diese Metalle vermögen das Wasser erst bei hoher Temperatur zu zersetzen, sind flüchtig und verbrennen an der Luft erhitzt mit lebhaft leuchtenden Flammen.

Das Beryllium, dessen Oxyd, die Beryllerde im Jahre 1798 von Vauquelin als Verbindung eines neuen Elementes erkannt, und welches zuerst von Wöhler 1828 als dunkelgraues Pulver erhalten wurde, besitzt für die Technik kein Interesse. Doch ist dieses Element dadurch interessant, daß es in verschiedenen Mineralien vorkommt; bekannt ist der als Schmuckstein verwendete Beryll, dessen grüne, durchsichtige Varietät, der Smaragd, als Edelstein sehr geschätzt ist. Im chemischen Sinne ist er eine Verbindung von Beryllium und Aluminium mit Kieselsäure.

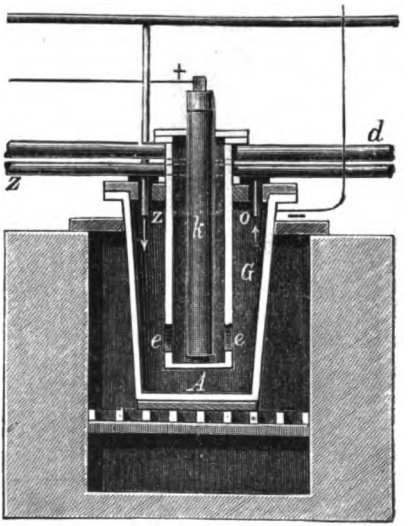
Auch das Magnesium kommt in der Natur nicht als Metall vor; dagegen sind seine Verbindungen sehr verbreitet. Der Magnesit ist kohlensaure Magnesia, in Gesellschaft mit kohlensaurem Kalk bildet er den Dolomit. Zahlreiche Quellen enthalten schwefelsaure Magnesia, das bekannte Bittersalz, gelöst, und auch im Meerwasser ist Magnesium als Chlorid vorhanden. Gewaltige Mengen finden sich außerdem in den Staßfurter Abraumsalzen, der Kieserit ist schwefelsaures Magnesium, der Kainit schwefelsaures Magnesium und Chlorkalium, und der Carnallit Magnesiumchlorid und Chlorkalium.

Das Bittersalz war schon im 17. Jahrhunderte bekannt, doch erst im Jahre 1755 erbrachte man den Nachweis, daß im Bittersalze, wie in der weißen Magnesia eine besondere Erde enthalten sei. Die Darstellung des Metalles selbst gelang aber erst viel später durch Davy, der es jedoch nicht rein erhielt. 1829 stellte Bussy Magnesium in

Digitized by Google

größeren Mengen durch Zusammenschmelzen von wasserfreiem Magnesiumchlorid mit metallischem Kalium dar, wobei sich dieses mit dem Chlor verband. Später lehrte dann Bunsen es durch Elektrolyse des wasserfreien Chlorides gewinnen, wozu die Anwendung besonderer Vorsichtsmaßregeln nöthig ist, da das abgeschiedene, geschmolzene Metall an der Luft sofort verbrennen würde.

In jüngerer Zeit ist man von den verschiedenen Verfahren, das Magnesium auf chemischem Wege darzustellen, ganz abgekommen, und man bedient sich zu diesem Zwecke ausschließlich der zersetzenden Kraft des elektrischen Stromes. Als Rohmaterial dient der zu Staßfurt in großen Mengen geförderte Carnallit, die Doppelverbindung von Chlormagnesium und Chlorkalium. Die Form der Zersetzungszelle veranschaulicht die nebenstehende Abbildung.



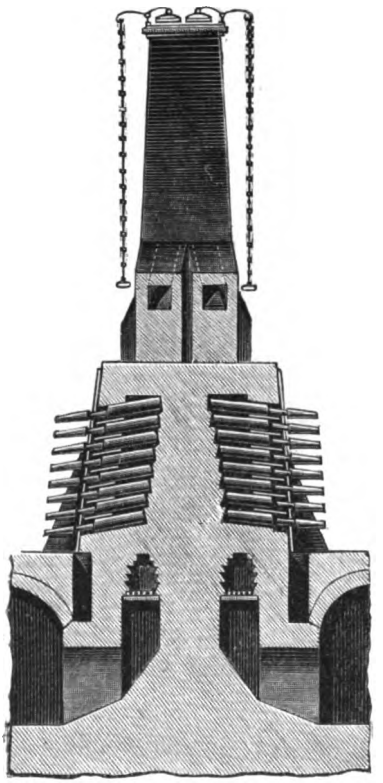
Vorrichtung zur Darstellung des Magnesiums mittelst Elektricität.

Das gußeiserne Gefäß A wird mit Carnallit beschickt und in einen Herd eingesetzt, gleichzeitig dient es als negative Elektrode. Die positive Elektrode besteht aus einem Kohlecylinder k, welcher von dem mit Löchern oder Schlitzen e versehenen Einsatze G umgeben ist. Durch diese Oeffnungen tritt das geschmolzene Salz zur positiven Elektrode. Bei der Zersetzung entsteht freies Chlor, dieses entweicht durch das Rohr d. Gleichzeitig muß aber auch die Luft ferne gehalten werden, da sonst das entstehende Magnesium — neben diesem wird auch Kalium abgeschieden — verbrennen würde. Man verdrängt daher vor Beginn der Operation die Luft durch ein indifferentes Gas, welches durch das Rohr o zugeleitet wird und bei Z austritt. Den zur Zersetzung erforderlichen Strom liefert eine Dynamomaschine, das erschmolzene Magnesium, welches auch Kalium enthält, wird durch Destillation im indifferenten Gasstrome gereinigt.

Das Magnesium ist ein silberweißes, sehr leichtes Metall, dessen Schmelzpunkt unterhalb 800° liegt. Hält man einen zu einem dünnen Bande ausgewalzten Magnesiumdraht in eine genügend heiße Flamme, so entzündet sich das Metall und verbrennt mit blendendem Lichte. Das Verbrennungsproduct ist Magnesiumoxyd, die sogenannte Magnesia. Das Licht des verbrennenden Magnesiums ist nicht nur äußerst intensiv — ein brennender Magnesiumdraht mit nur 0·297 mm Durchmesser strahlt die gleiche Lichtmenge aus wie 74 Stearinkerzen im Gewichte von je 100 g — sondern auch sehr reich an chemisch wirksamen Strahlen. Deshalb bedient man sich des Magnesiumlichtes auch sehr häufig zu photographischen Zwecken, um Aufnahmen bei Nacht oder in dunklen Räumen, wie in Grotten und Höhlen zu

Digitized by Google

ermöglichen. Früher, bevor man die zu Momentaufnahmen geeigneten Platten kannte, mußte bei solchen Anlässen immer Magnesiumdraht in besonderen Lampen, in welchen er mit Hilfe eines Uhrwerkes gleichmäßig vorwärts geschoben wurde, verbrannt werden. Jetzt genügt es, wenn der zu photographirende Raum einen Augenblick lang erhellt wird, man erreicht dies, indem man Magnesiumpulver mittelst der Blitzlichtlampen durch brennenden Alkohol bläst. In dem Augenblicke, in welchem das Magnesiumpulver die Flamme passirt, entzündet es sich und verbrennt mit sehr heller, garbenähnlicher Flamme. Um eine rasche und vollständige Verbrennung zu erzielen, wird das Magnesiumpulver gewöhnlich noch mit einem Oxydationsmittel, wie Kaliumpermanganat, gemengt.



Belgischer Zinkofen.

Ferner dient das Magnesium noch zur Herstellung hellbrennender Fackeln zu Signalzwecken und zur Feuerwerkerei. Seit den großen Fortschritten aber, welche die elektrische Beleuchtung gemacht hat, bedient man sich dieses Metalles zu Beleuchtungszwecken immer seltener und nur in den geschilderten Fällen, zu anderen Zwecken findet es keine Anwendung.

Dem Magnesium in chemischer Hinsicht nahe verwandt, doch von ungleich größerer Bedeutung für die Technik ist das Zink. Als den Entdecker dieses wichtigen Metalles müssen wir Paracelsus ansehen. Man kannte zwar schon lange das Messing und wußte es durch Zusammenschmelzen von Kupfer mit Zinkerzen zu gewinnen. Doch hielt man es für ein besonderes Metall und erst Kunkel erbrachte gegen Ende des 17. Jahrhundertes den Nachweis, daß man es hier mit einer Legirung zu thun habe.

Die Gewinnung dieses Metalles in größerem Maßstabe fällt jedoch in eine noch spätere Zeit. Im Jahre 1743 wurden die ersten Zinkwerke zu Bristol errichtet, auf dem Continente entstand jedoch die erste Zinkhütte 1807 zu Lüttich.

In der Natur kommt das Zink zwar nicht im gediegenen Zustande, dagegen ziemlich häufig in Form verschiedener Erze vor. Diese sind entweder eine Verbindung mit Schwefel, wie die Zinkblende, oder kohlensaures Zink, der „Galmei". Ein drittes Erz besteht aus Zinkoxyd und Kieselsäure, es ist dies das Kieselzinkerz, welches gewöhnlich auch Galmei genannt wird.

Die Zinkerze kommen jedoch fast nie allein, sondern meist in Gemeinschaft mit Bleierzen vor. Die bedeutendsten Fundstätten sind in Europa in Oberschlesien

Digitized by Google

und in der Gegend von Aachen gelegen, außerdem kommt es in größerer Menge auch in Schweden, Spanien und auf Sardinien vor.

Der Verhüttung der Erze, d. h. der Abscheidung des metallischen Zink muß eine vorbereitende Operation, das Rösten, vorangehen. Man bezweckt dadurch, das Schwefelzink oder das kohlensaure Zink in Zinkoxyd überzuführen, und erreicht dies in der Weise, daß man Zinkspath in Schachtöfen, welche eine ähnliche Einrichtung besitzen, wie die Kalköfen, brennt. Es entweicht dann Wasser und Kohlensäure, und das geröstete Erz kann nach erfolgter Zerkleinerung sofort verarbeitet werden.

Weit schwieriger und umständlich gestaltet sich jedoch der Röstproceß, wenn es sich um die Verarbeitung von Zinkblende, also von Schwefelzink handelt, und diese Schwierigkeiten sind so groß, daß man erst seit etwa 30 Jahren auch Zinkblende im Großen verarbeitet. Wird nämlich Zinkblende im Röstofen erhitzt, so entweicht durchaus nicht aller Schwefel in Form von schwefliger Säure, sondern es entsteht gleichzeitig auch schwefelsaures Zink, welches nur bei sehr hoher Temperatur in Zinkoxyd übergeht. Die schweflige Säure ließ man ursprünglich entweichen, erst als die Klagen über Beschädigungen der Vegetation immer zahlreicher wurden, ging man daran, sie unschädlich zu machen. Man erreichte dies durch zweckmäßigen Bau der Röstöfen, gleichzeitig verbindet man mit dem Rösten der Zinkblende auch die Darstellung von Schwefelsäure, und läßt die Röstgase gleich in die Bleikammern eintreten.

Um nun aus den gerösteten Zinkerzen, in welchen das Zink in Verbindung mit Sauerstoff, also als Oxyd vorhanden ist, metallisches Zink darzustellen, werden die Erze mit Kohle erhitzt, reducirt. Die Kohle bemächtigt sich dann des Sauerstoffes, mit welchem sie Kohlenoxyd bildet, und das Metall wird im freien Zustande abgeschieden. Da aber die Temperatur, bei welcher das Zinkoxyd reducirt wird, weit höher liegt als der Schmelzpunkt des Zinkes, und dieses sich bei dieser Temperatur schon in Dampf verwandelt, ist mit der Reduction gleichzeitig eine Destillation des Zinkes verbunden. Die Zinkdämpfe werden in thönernen Vorlagen verdichtet.

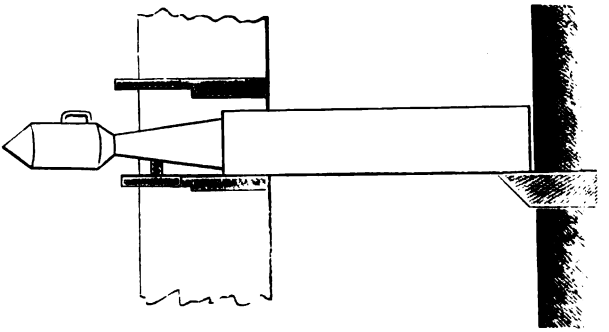
Die Vorrichtungen, deren man sich zur Gewinnung des Zinkes bedient, sind nicht an allen Orten die gleichen. Doch lassen sich zwei typische Verfahren unterscheiden, welche man als das belgische und das schlesische zu bezeichnen pflegt. Die in Belgien üblichen Zinköfen besitzen nämlich eine andere Einrichtung als jene, deren man sich in Schlesien bedient.

Bei dem in **Belgien** üblichen Verfahren wird das geröstete Erz mit Kohle gemengt in Retorten aus feuerfestem Thone von röhrenförmiger Gestalt gefüllt. Jede dieser Retorten ist ungefähr 1 m lang und besitzt im Lichten 20 cm Durchmesser. Das offene Ende wird mit einer schwach kegelförmigen Thonröhre verbunden, über diese kann ein aus Eisenblech verfertigter Kegel gestülpt werden. Je 50 bis 150 solcher Retorten werden dann in einen Ofen eingelegt.

Man beginnt nun zu feuern. Ist die Temperatur hoch genug gestiegen, so reducirt die Kohle das Zinkoxyd, und das sich bildende Kohlenoxyd entweicht durch

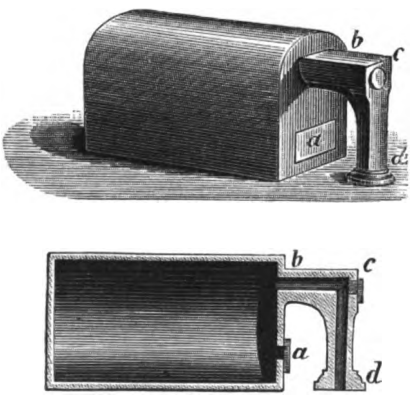
Digitized by Google

die Röhren und verbrennt an ihrem Ende mit bläulicher Flamme. Endlich beginnt das Zink sich zu verflüchtigen, man erkennt dies daran, daß die Kohlenoxydflamme durch verbrennendes Zink glänzend wird. Nun stülpt man den erwähnten Eisenblechkegel über die Mündungen der Retorten, in diesem sammelt sich ein staubförmiges Gemenge von Zink und Zinkoxyd, der sogenannte Zinkstaub an, welcher gesammelt und bei der nächsten Operation verwendet wird. Nach ungefähr 2 Stunden beginnt dann das Metall in reichlicherer Menge überzugehen, man fängt es in großen eisernen Löffeln auf und gießt es in Barren. Dann wird der Eisenblechkegel abermals aufgesteckt, und nach weiteren 2 Stunden der geschilderte Vorgang wiederholt. Dies geschieht so oft, bis nach 11 bis 12 Stunden der Inhalt der Retorten erschöpft ist, und diese neuerlich beschickt werden müssen.



Destillirrohr zur Zinkgewinnung nach dem belgischen Verfahren.

Bei dem schlesischen Processe bedient man sich zur Destillation besonderer Muffeln, welche vorne mit einem knieförmig nach abwärts gerichteten Rohre versehen sind. Durch dieses Rohr entweichen die Zinkdämpfe und das Metall sammelt sich in einem tiefer gelegenen Gefäße als sogenanntes „Tropfzink" an. Je 30 bis 40 solcher Muffeln werden in einen gemeinschaftlichen Ofen eingestellt und von einer Feuerstelle aus erhitzt.




Muffeln zum schlesischen Zinkofen.
a Beschickungsöffnung, b, c, d Destillirrohr.

Auch bei diesem Verfahren verdichtet sich zunächst ein Gemenge von Zink und Zinkoxyd, der Zinkstaub oder Zinkrauch, die ersten Antheile desselben enthalten fast alles Cadmium, es ist dies ein Metall, welches nahezu regelmäßig als Begleiter des Zinkes auftritt. Das sich in einer späteren Phase des Processes verdichtende Tropfzink wird umgeschmolzen und gelangt in Form von Tafeln als sogenanntes „Werkzink" in den Handel.

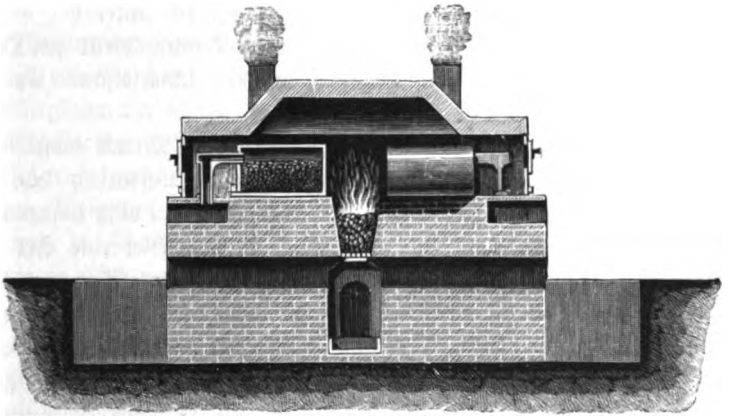
Das Zink ist im reinen Zustande ein schönes, bläulich-weißes Metall, welches an frischen Bruchflächen starken Metallglanz zeigt. Es ist härter als Silber, jedoch weicher wie Kupfer, auch schmilzt es bedeutend leichter. Der Schmelzpunkt des Zinkes liegt bei 412°, Kupfer wird dagegen erst bei 1300° flüssig.

Digitized by Google

Bei gewöhnlicher Temperatur ist das Zink spröde, auf 100 bis 150° erwärmt wird es jedoch geschmeidig und hämmerbar, kann zu Blechen ausgewalzt und zu Draht gezogen werden, und ist überhaupt sehr gefügig. Erhitzt man es jedoch über 150°, so wird es wieder spröde, und bei 250° kann es sogar sehr leicht gepulvert werden.

Zink findet zu verschiedenen Zwecken ausgedehnte Anwendung. Es ist ein Bestandtheil zahlreicher Legirungen, wie Messing, Bronze und Neusilber, dient zur Herstellung vieler gegossener Objecte und wird endlich auch als Elektricitätserreger in galvanischen Elementen verwendet.

Auch manche Verbindungen des Zinkes sind für die Technik von Bedeutung. So dient das Zinkoxyd, das sogenannte „Zinkweiß" als Anstrichfarbe, chromsaures Zink wird als Druckfarbe unter dem Namen „Zinkgelb" verwendet. Chlorzink



Schlesischer Zinkofen im Durchschnitt.

endlich dient als Conservirungsmittel für Eisenbahnschwellen, als Desinfectionsmittel und in Verbindung mit Chlorammon endlich als Löthsalz.

Das Cadmium, ein verhältnismäßig nur in geringer Menge vorkommendes Metall, ist durch seine Eigenschaften und sein chemisches Verhalten dem Zink in mancher Beziehung sehr ähnlich. Es findet sich in den meisten Zinkerzen in geringer Menge, doch kommt auch Cadmium in Form eines Minerales, Greenockit, in der Natur vor; der Greenockit ist Schwefelcadmium.

Die Gewinnung des Cadmiums geschieht aus dem Zinkstaube, welcher, da das Cadmium leichter flüchtig ist wie das Zink, größere Mengen dieses Metalles enthält. Der Weg, der zu seiner Isolirung eingeschlagen wird, besteht in einer wiederholten Destillation, wobei die ersten übergehenden Antheile immer reicher an Cadmium sind als die letzten.

Die Entdeckung des Cadmiums, welche im Jahre 1817 durch Stromeyer erfolgte, ist einem Zufalle zu verdanken. Zinkoxyd, welches als Arzneimittel Ver-

Digitized by Google

wendung findet, darf nicht arsenhaltig sein. Löst man Zinkoxyd in einer Säure, und leitet man Schwefelwasserstoffgas ein, so entsteht, falls Arsen vorhanden ist, ein gelber Niederschlag von Schwefelarsen. Cadmium giebt unter den gleichen Umständen ebenfalls einen gelben Niederschlag, dessen Farbe jedoch von jener des Arsensulfides etwas verschieden ist. Dieses Verhalten führte dazu, daß in Magdeburg cadmiumhaltiges Zinkoxyd confiscirt wurde, weil es als arsenhaltig angesehen wurde. Stromeyer verfolgte die Sache jedoch weiter, und schließlich gelang es ihm, den Nachweis zu erbringen, daß der gelbe Niederschlag nicht von Arsen, sondern von einem neuen Elemente herrühre. Er gab ihm den Namen Cadmium, da es in der Cadmia fornacum, im Ofenbruche enthalten ist.

Das Cadmium findet zu technischen Zwecken nur geringe Anwendung. Seine Farbe ist der des Zinnes ähnlich, mit Quecksilber liefert es ein Amalgam, welches zur Herstellung von Zahnplomben dient. Wichtiger sind gewisse Cadmiumverbindungen. So wird das schön gelb gefärbte Cadmiumsulfid unter der Bezeichnung „Neapelgelb" als Farbe verwendet, Jod- und Bromcadmium dient zur Herstellung photographischer Platten, und endlich benützt man das schwefelsaure Cadmium in der Augenheilkunde.

Nächst dem Eisen ist das am häufigste angewendete Metall wohl das Blei. Sein chemisches Verhalten weicht in mancher Hinsicht wesentlich von dem der anderen Metalle ab. Während diese stets von einer größeren oder kleineren Gruppe ihnen naher verwandter Elemente umgeben sind, ist das Blei eine Art Hagestolz unter ihnen. Eine gewisse, doch ziemlich oberflächliche Aehnlichkeit mit dem Bleie besitzt nur ein einziges Element, welches jedoch in der Technik gar keine Anwendung findet, es ist dies das Thallium. Aber auch diese verwandtschaftlichen Beziehungen sind nur sehr loser Natur, vielmehr nähert sich das Thallium in seinen Eigenschaften ebenso den Alkalimetallen wie dem Silber. Dumas hat es daher in einem Berichte an die französische Akademie sehr treffend das „Schnabelthier unter den Metallen" genannt; dieser Vergleich bezieht sich darauf, daß man von diesem Wesen lange Zeit nicht wußte, ob es den Säugethieren oder den Vögeln zuzuzählen sei. Das Thallium ist übrigens auch dadurch interessant, daß es gleich dem Cäsium und Rubidium zuerst auf Grund der Spectralanalyse vorausgesagt und später wirklich gefunden und dargestellt wurde.

Das Blei war schon den alten Völkern bekannt und die Römer bedienten sich dieses Metalles in ausgedehnter Weise zu verschiedenen Zwecken, so besonders zur Herstellung von Wasserleitungsrohren. Daß man das Blei aber schon in früher Zeit kennen und darstellen lernte, hängt wohl mit seinem Vorkommen zusammen. Es kommt wohl auch, allerdings nur höchst selten, in gediegenem Zustande vor, doch besitzen seine Erze, besonders der Bleiglanz das Aussehen von Metallen, sie fallen durch ihr hohes Gewicht auf und lassen sich, was wohl von sehr großer Bedeutung war, sehr leicht zu Metall reduciren. Ferner kam das Metall selbst durch seine Weichheit und Geschmeidigkeit den Metallurgen vergangener Tage entgegen.

Digitized by Google

Das wichtigste Bleierz ist unstreitig der Bleiglanz, im chemischen Sinne Schwefelblei mit 86 Theilen Blei und 14 Theilen Schwefel. Er besitzt die charakteristische graue Farbe des Bleies, lebhaften Metallglanz, und ist in der Natur ziemlich verbreitet. Bekannt ist der Bleiberg bei Villach in Kärnten und Raibl am Fuße des Predilpasses, ferner sind als wichtige Fundstätten Přibram, Mies und Bleistadt in Böhmen zu nennen. In Deutschland finden sich in Oberschlesien bedeutende Lager von Bleierzen, dann im Oberharz, in Nassau und Hessen, im sächsischen Erzgebirge und noch an vielen anderen Orten.

Der bedeutende Reichthum Europas an Bleierzen wird jedoch von den Vereinigten Staaten bedeutend übertroffen, dessen Vorräthe an Blei, meist mit Silber gepaart, geradezu unerschöpflich sind. Nord-Amerika hat allerdings erst in den letzten Decennien begonnen Blei in größeren Mengen zu erzeugen, jetzt versieht es aber nicht nur den eigenen Markt mit diesem wichtigen Metalle, sondern auch nach Europa werden große Mengen gebracht.

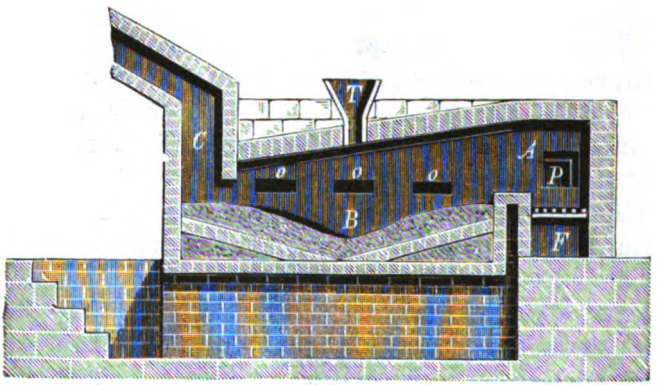
Die Gewinnung des Bleies aus den Bleierzen erfolgt im Allgemeinen nach drei wesentlich voneinander verschiedenen Methoden. Bei der „Niederschlagsarbeit" wird der Bleiglanz mit Eisen erhitzt. Das Eisen bindet dann den Schwefel und es entsteht Schwefeleisen, während das Blei im metallischen Zustande abgeschieden wird. Der „Röstschmelzproceß", auch „Röstreactionsproceß", besteht darin, daß zunächst der Bleiglanz geröstet wird, wodurch das Schwefelblei zum Theile in Bleioxyd und in schwefelsaures Blei übergeführt wird. Steigert man nun die Temperatur, so wird der noch vorhandene Schwefel durch den Sauerstoff des Bleioxydes und des schwefelsauren Bleies in schweflige Säure übergeführt, welche sich verflüchtigt, während das metallische Blei ausfließt. Bei der ordinären Bleiarbeit endlich, welche auch „Röstreductionsproceß" genannt wird, wird zunächst das Erz so vollständig als möglich abgeröstet, um Schwefel, Arsen und Antimon zu entfernen. Es hinterbleibt dann ein Gemenge von Bleioxyd und Bleisulfat, das im Schachtofen bei nicht zu hoher Temperatur und unter geeigneten Zuschlägen reducirt wird, die vorhandenen fremden Metalle gehen in die Schlacke über. Während aber der Röstreductionsproceß bei allen Bleierzen zur Anwendung gelangen kann, eignet sich die Niederschlagsarbeit nur für solche Bleierze, welche geringe Mengen fremder Schwefelmetalle enthalten, und der Röstschmelzproceß ist nur dann durchführbar, wenn Erze vorliegen, welche im Maximum 4 bis 5% Kieselsäure führen.

Auf der Anwendung des Röstschmelzprocesses beruht der in England übliche Flammofenproceß. Der zur Verarbeitung bestimmte kalkhaltige, jedoch kieselsäurefreie Bleiglanz wird zunächst auf dem Herde eines Flammofens geröstet. Während dieses Vorganges steigert man die Temperatur ziemlich rasch, es wirken dann Bleioxyd und Bleisulfat aufeinander ein und endlich fließt ein Theil des Bleies aus, während noch unzersetzter Bleiglanz hinterbleibt. Diesen unterwirft man einer zweiten Röstung, durch Erhöhung der Temperatur wird eine neuerliche Reaction eingeleitet und diese Vorgänge werden so oft wiederholt, als noch nennenswerthe

Digitized by Google

Mengen Blei gewonnen werden können. Die Oefen, deren man sich zur Ausführung dieses sehr einfachen Processes bedient, besitzen folgende Einrichtung: Auf dem Roste F wird ein Feuer entzündet, dessen Gase durch den Feuerungsraum A über den Sumpf B nach dem Schlote C ziehen. Im Sumpfe sammelt sich das ausfließende Blei an und wird durch eine Stichöffnung von Zeit zu Zeit abgezogen. Durch den Trichter T wird die Charge eingetragen, P dient als Schüröffnung zur Bedienung des Feuers, während durch die Oeffnungen o die Masse umgekrückt wird.

Der Röstreductionsproceß wurde besonders in Nord-Amerika zu hoher Entwickelung gebracht. Man bedient sich dort großer Bleihochöfen, bei denen der innere Theil, jener, in welchem der Proceß durchgeführt wird mit einem Kühlmantel, durch den kaltes Wasser fließt, umgeben ist, um das Gestell des Ofens vor zu rascher Abnützung zu bewahren. Diese Hochöfen führen den bezeichnenden Namen „water jackets".




Ofen zur Bleigewinnung.

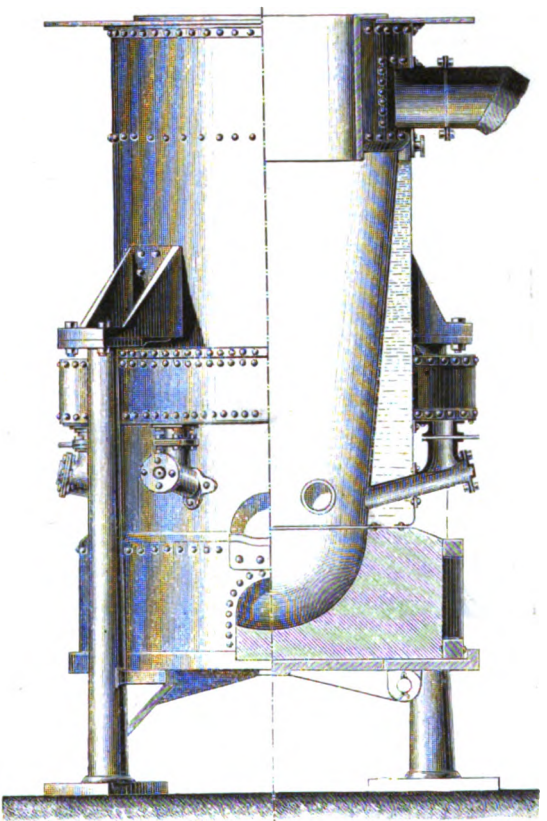
Die Anwendung, welche das Blei findet, ist nicht nur sehr bedeutend, sondern auch sehr verschiedener Art. So bedient sich die chemische Industrie zahlreicher, aus Blei verfertigter Apparate und Vorrichtungen, in Form von Platten und Blechen dient es zur Auskleidung der Bleikammern und zum Abdecken von Häusern, man stellt daraus Bleirohre in allen Dimensionen her, gießt daraus Kugeln und verfertigt Schrot. Einzelne Bleiverbindungen, wie die rothe Mennige, Bleiglätte und Bleichromat dienen als Farben, desgleichen das basisch-kohlensaure Blei, das bekannte Bleiweiß. Auch zur Herstellung von Legirungen wird es vielfach verwendet, so ist das Letternmetall eine Legirung von Blei und Antimon, Zinnblei wird zur Anfertigung von Geschirren benützt u. s. w.

Das Blei besitzt zahlreiche werthvolle Eigenschaften, durch welche es zu vielen Zwecken geeignet wäre, wenn seiner Anwendung nicht sehr häufig seine Giftigkeit im Wege stünde. Schon das gewöhnliche, kohlensäurehaltige Wasser greift Blei an, man versieht daher Bleirohre, durch welche Trinkwasser fließen soll, im Inneren mit einem Ueberzuge von Zinn oder von Schwefelblei. Auch in den Hüttenwerken haben die Arbeiter sehr durch Bleidämpfe zu leiden, und die gefürchtete Bleikrankheit, der Saturnismus, zählt daher nicht zu den Seltenheiten. Diese Bleidämpfe müssen daher durch gut wirkende Ventilationsvorrichtungen ent-

Digitized by Google

fernt und auch im Interesse der Nachbarschaft verdichtet werden. Welche Mengen Blei übrigens auf diesem Wege früher verloren gingen und in die Luft gejagt wurden, geht aus einer Berechnung der Emser Hütte hervor. Diese entleerte innerhalb eines einzigen Jahres aus ihren Flugstaubkammern bleihaltige Masse im Werthe von 92.000 Mark.

Drei höchst wichtige Metalle umfaßt die **Kupfergruppe**, nämlich Kupfer, Silber und Quecksilber. Sie sind aber nicht nur für die Technik von großer Bedeutung, sondern auch ihr Vorkommen und die verschiedenen Methoden der Gewinnung bieten manches Interessante, so daß es wohl angezeigt sein wird, uns mit diesen Metallen etwas eingehender zu befassen.



Nordamerikanischer Hochofen mit Wassermantel (Water jacket) zur Bleigewinnung.

Das **Kupfer** kommt in der Natur sowohl gediegen als auch in Form von Erzen vor, unter diesen sind mehrere, welche sich durch prächtige Färbungen auszeichnen. In gediegenem Zustande findet es sich in mächtigen Massen in der Nähe des Lake Superior in Nord-Amerika. Die größte zusammenhängende Masse, welche im Jahre 1857 gefunden wurde, besaß ein Gewicht von ungefähr 420.000 kg.

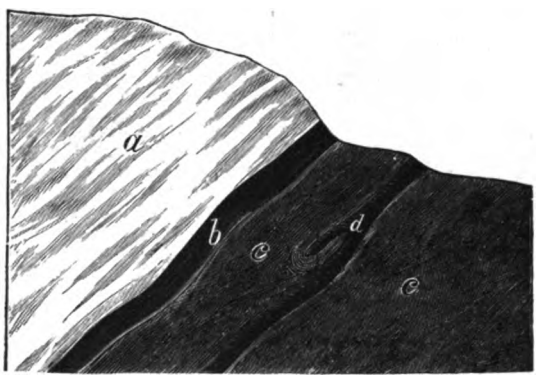
Die bekanntesten und verbreitetsten Kupfererze sind das **Rothkupfererz** und der seiner prächtigen grünen Farbe und der eigenthümlichen Zeichnung wegen als Schmuckstein geschätzte **Malachit**. Das Rothkupfererz ist im chemischen Sinne Kupferoxydul mit 88·8% Kupfer, der Malachit dagegen ein basisches Kupfercarbonat, welches rund 72% Kupfer, 18% Kohlensäure und 10% Wasser enthält. Andere wichtige Kupfererze sind der **Kupferglanz**, seiner Zusammensetzung nach Schwefelkupfer mit 79% Kupfer, der **Kupferkies** mit 34% Kupfer, 30% Eisen und 36% Schwefel, endlich das **Buntkupfererz**, welches sich durch eine prächtige Färbung auszeichnet. Es schimmert in allen Schattirungen von blau, grün, gelb und roth und enthält 55% Kupfer, 16% Eisen und 28% Schwefel.



Digitized by Google

Wenn das Kupfer mit Bezug auf die Häufigkeit seines Vorkommens mit anderen Metallen, besonders mit dem Eisen auch nicht rivalisiren kann, so gehört es doch zu den ziemlich verbreiteten Metallen. Die wichtigsten Fundstätten in Deutschland sind Sangerhausen und Eisleben im Mannsfeldischen, das Siegerland, Obermarsberg in Westphalen, Sachsen, Harz u. s. w. In Rußland findet man es in großen Mengen im Ural, Altai und in Transkaukasien. In Oesterreich fördern Böhmen und Kärnten Kupfererze, in Ungarn wird es in Kremnitz, Schmöllnitz und Kapnikbanya gewonnen. In Schweden befinden sich große Kupfergruben zu Falun und Garpenberg, in England zu Cornwall, Wales und Devonshire, aber auch Amerika, Afrika, Australien und Asien sind reich an Kupfer.

Entschieden die interessantesten Kupferminen befinden sich aber in Europa. Es sind dies die Kupferlagerstätten vom Rammelsberge bei Goslar am Harz, ferner die Gruben zu Falun in Schweden und endlich die Batallak-Mine in Cornwall.



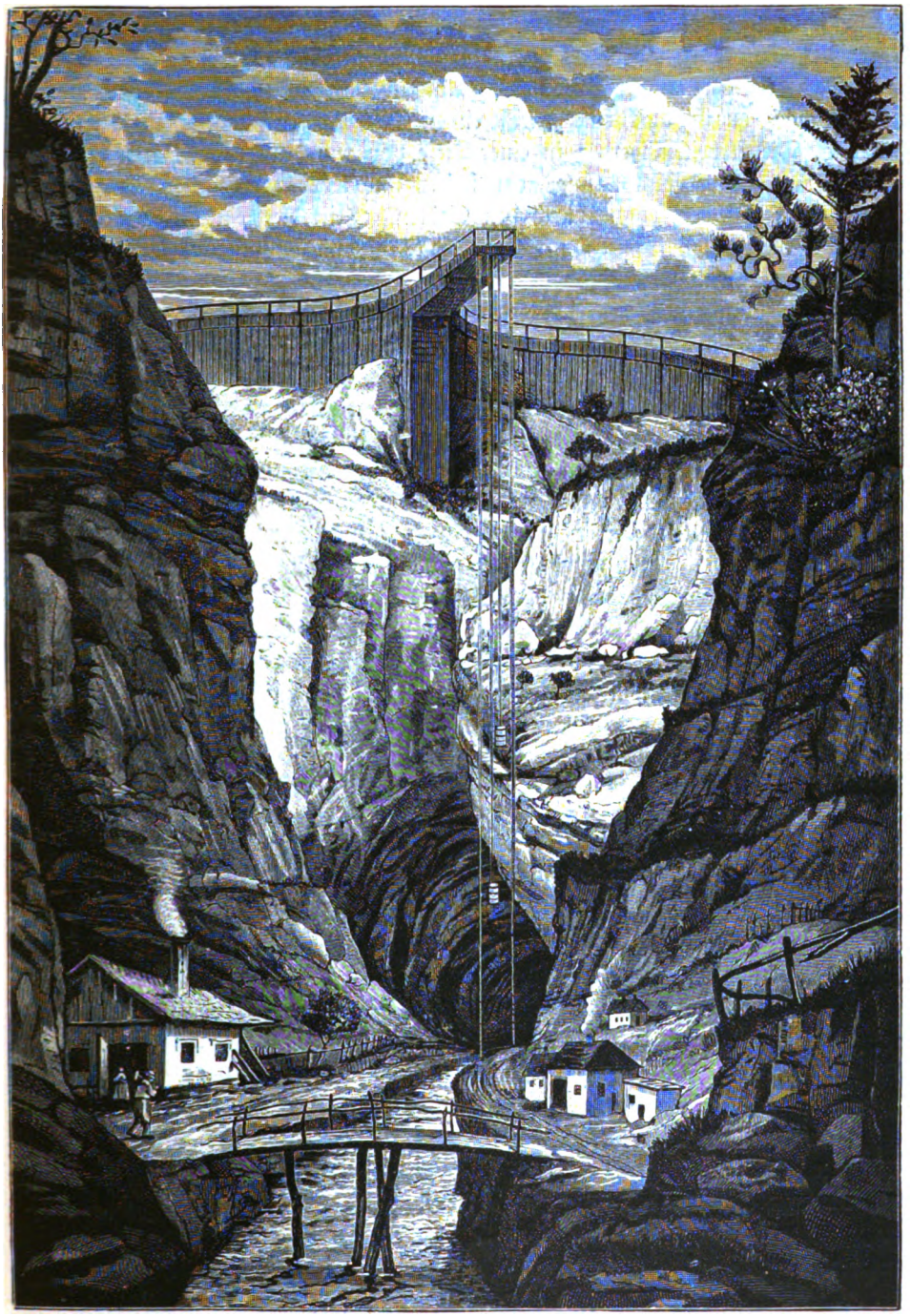

Das Rammelsberger Erzlager
a Spiriferensandstein, b Calceolaschiefer, c Goslarer Schiefer, d Erzlager.

Das Kieslager des Rammelsberges besteht aus einer Anhäufung mehr oder minder großer, unregelmäßiger Erzlinsen, die größte bisher aufgeschlossene Ausdehnung dieses Lagers beträgt in der Längenausdehnung 1200 m, die größte Mächtigkeit aber nur 15 bis 20 m. Im Mannsfeldischen wird ein Kupferschiefer gefördert, welcher zwar in großen Massen vorkommt, jedoch verhältnismäßig arm an Kupfer ist. Trotzdem wird er mit Erfolg verhüttet, und die verschiedenen Processe, die man zu diesem Zwecke anwendet, zeigen, wie man durch rationelle Arbeit auch geringe Erze mit Erfolg ausbeuten kann.

Die Entdeckung des Rammelsberges soll, wie die Sage erzählt, durch einen Zufall erfolgt sein. Als sich nämlich Kaiser Otto der Große einmal auf der Harzburg bei Goslar befand, ritt einer seiner Jäger, Namens Ramm, zur Jagd aus. Er gelangte an einen so mit Dickicht überwachsenen Berg, daß er mit dem Pferde nicht hindurch konnte. Deshalb stieg er ab und band das Thier an einen Baum, während er seinen Weg zu Fuß fortsetzte. Das Pferd aber, dem sein Herr zu lange ferne blieb, wurde ungeduldig und begann die Erde mit den Hufen wegzuscharren.

Als dann Ramm zurückkehrte, war er hocherstaunt, unter den Hufen seines Rosses die reichsten Erzstufen blinken zu sehen. Von dieser Wahrnehmung machte Ramm seinem Herrn Mittheilung, worauf Kaiser Otto aus

Digitized by Google



Der Stöten bei Falun.



Digitized by Google

Frankenland Bergleute kommen ließ, die hier den Bergbau einrichten mußten. Zu Ehren des Entdeckers wurde der Berg aber Rammelsberg geheißen.

Das berühmte Kupferbergwerk zu Falun in Dalekarlien bildet eine sogenannte offene Pinge, es ist dies eine durch einen Erdbruch entstandene trichterförmige Höhlung. Die Arbeiten werden in einer Tiefe von rund 400 m betrieben, die Einfahrt erfolgt entweder auf ungemein steilen und lebensgefährlichen Stiegen und Leitern, oder auf der Tonne durch den Stöten, es ist dies ein finsterer Abgrund von ungefähr 200 m Breite und 90 m Tiefe, der im Jahre 1687 am 25. April und 24. Juni durch Erdstürze entstand.

Die Grubenwässer des Bergwerkes zu Falun, wie die der meisten Kupferbergwerke enthalten schwefelsaures Kupfer gelöst und eine solche Lösung bildet ein gutes Conservirungsmittel für Holz und organische Substanz überhaupt. Dadurch ist auch der Fund erklärlich, welchen man in diesem Bergwerke im Jahre 1719 machte. Als man nämlich eine Strecke wieder aufnahm, welche seit Menschengedenken nicht befahren worden war, fand man in der Tiefe von 125 m den Leichnam eines jungen Mannes, welcher so gut conservirt war, daß nicht nur die Kleidungsstücke erhalten, sondern auch die Gesichtszüge nicht im mindesten verändert oder entstellt waren. Man erkannte in ihm den im Jahre 1670 auf unerklärliche Weise verschwundenen Bergmann Mat Israelson.

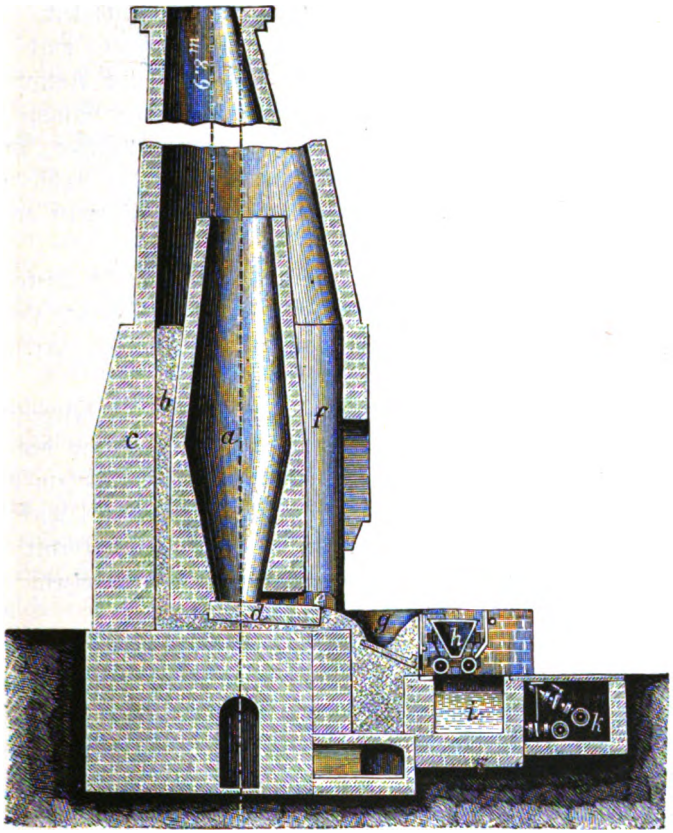
An diese Thatsache knüpft sich eine ergreifende Sage. Sie erzählt, wie der junge Bergmann am Vortage seiner Hochzeit in das Bergwerk einfuhr, um nimmermehr zurückzukehren. Als man ihn nach fünfzig Jahren auffand und niemand sich mehr seiner entsinnen konnte, da nahte an einer Krücke ein altes runzeliges Mütterchen und erkannte in der Leiche ihren Bräutigam, um den sie Tag um Tag und Jahr um Jahr getrauert hatte in der Hoffnung, er werde doch nochmals zurückkehren. Und am anderen Tage, als das Grab gerüstet war auf dem Kirchhofe und ihn die Bergleute holten, legte sie ihm ein schwarzes Halstuch mit rothen Streifen um, das sie ihm als Hochzeitsgabe zugedacht hatte und begleitete ihn in ihrem Sonntagsgewande, als wenn es ihr Hochzeitstag und nicht der Tag seiner Beerdigung wäre. Denn als man ihn auf dem Kirchhofe ins Grab legte, sagte sie: „Schlafe nun wohl noch einen Tag oder noch zehn im kühlen Hochzeitsbett und lass' Dir die Zeit nicht lange werden. Ich habe nur noch ein wenig zu thun und komme bald nach, und bald wird der Tag. — Was die Erde wiedergegeben hat, wird sie zum zweitenmale auch nicht behalten," sagte sie, als sie fortging und noch einmal umschaute.

Die Botallak-Mine in Cornwall endlich ist dadurch interessant, das sie sich bis unter das Meer erstreckt. An vielen Stellen vernimmt man auch unausgesetzt das Donnern und Toben der Brandung, und peitscht der Sturm die Wogen hoch empor, so wird das in der Tiefe vernehmbare Getöse oft so heftig, daß die Bergleute erschreckt die Flucht ergreifen . . . .

Die Verhüttung der Kupfererze richtet sich ganz nach ihrer Beschaffenheit und Zusammensetzung. Sie ist verhältnismäßig einfach, wenn es sich um die Ver-

Digitized by Google

arbeitung sogenannter oxydischer Kupfererze, wie Rothkupfererz und Malachit, handelt. Sie wird aber sehr schwierig und umständlich, wenn geschwefelte Erze zu verarbeiten sind. Neben diesen „trockenen“ Processen kommen aber auch sogenannte „nasse“ Verfahren zur Anwendung, welche darin bestehen, daß man das Kupfer in geeigneter Weise in Lösung bringt und es aus der Lösung mit Hilfe des elektrischen Stromes ausfällt.




Schachtofen zur Kupfergewinnung.

Oxydische Kupfererze werden vor der Verarbeitung schwach geröstet und dann unter Zuschlag von kupferreicher Schlacke, Kalkstein und Kohle niedergeschmolzen. Man erhält das sogenannte Schwarzkupfer, welches noch weiter gereinigt wird.

Schwefelhaltige Kupfererze werden zunächst ebenfalls geröstet. Das Röstgut wird dann in einem geräumigen Ofen unter Zusatz kupferhaltiger Schlacke verschmolzen, wobei man den sogenannten „Bronzestein“ erhält, welcher im Wesentlichen aus Schwefelkupfer und Schwefeleisen besteht. Der Zweck dieser Operation

Digitized by Google

ist, ein kupferreiches Material zu bekommen, also das Kupfer anzureichern. Der Bronzestein enthält dann auch etwa 35% Kupfer. Er wird abermals geröstet und dann mit oxydischen Kupfererzen zusammengeschmolzen, dadurch erhält man den „Concentrationsstein", welcher abermals geröstet und verschmolzen, Schwarz- oder Blasenkupfer liefert, welches noch einer Reinigung bedarf.

Zu diesem Zwecke schmilzt man es in einem mit einem Gebläse versehenen Ofen. Dabei wird der größte Theil des Schwefels entfernt, das Metall selbst wird aber kupferoxydulhaltig und verliert dadurch seine Zähigkeit. Um nun das Kupferoxydul wieder zu metallischem Kupfer zu reduciren, wird die auf dem geschmolzenen Metalle schwimmende Schlacke abgezogen und Anthracit oder reine Steinkohle aufgestreut. Ferner wird die Masse mit einer Stange aus frischem, grünem Holze umgerührt. Die sich bei diesem Vorgange, welcher „Polen" genannt wird, entwickelnden Gase bewirken in Gemeinschaft mit der Kohle die Reduction des Kupferoxyduls. Das raffinirte Kupfer wird dann in Formen ausgegossen und erstarren gelassen.

Im Mannsfeldischen schlägt man zur Gewinnung des Kupfers aus den sehr kupferarmen Schiefern einen anderen Weg ein. Die Schiefer werden zunächst geröstet und dann mit Flußspath und Schlacken in Schachtöfen verschmolzen, wobei man einen Rohstein mit 30 bis 50% Kupfer erhält.

Diese Schachtöfen (siehe die Abbildung auf Seite 501) besitzen folgende Einrichtung: a ist der Ofenschacht, g einer der beiden Herdtiegel, in den die Schmelzproducte abfließen, während die obenauf schwimmende Schlacke in den Schlackenwagen h überläuft. In den mit Wasser gefüllten Behälter i wird der Rohstein abfließen gelassen, um ihn zu granuliren, d. h. in kleine Körner überzuführen. Der Rohstein wird dann noch zweimal geröstet und verschmolzen, endlich erhält man Schwarzkupfer, welches durch Polen raffinirt wird.

Wie schon diese kurze und nur die Hauptmomente hervorhebende Beschreibung erkennen läßt, ist die Gewinnung des Kupfers ein höchst umständliches Verfahren, begreiflicherweise war daher schon seit langer Zeit das Streben der Hüttenmänner darauf gerichtet, bessere Methoden zu ersinnen. Einerseits gelang dies durch Einführung eines dem Bessemerprocesse, den wir bei Besprechung der Gewinnung des Eisens kennen lernen werden, ähnlichen Verfahrens, andererseits durch Gewinnung des Kupfers auf elektrolytischem Wege direct aus den Erzen.

Besonders das Verfahren der Gewinnung des Kupfers auf elektrolytischem Wege, wie es von Siemens & Halske zur Ausführung gelangt, bietet zahlreiche Vortheile. Der wesentlichste ist wohl der, daß auch sehr arme Erze, welche auf andere Weise zu verarbeiten nicht mehr lohnend wäre, mit Gewinn verarbeitet werden können, und daß ferner jeder Schmelzproceß entfällt, da das Kupfer aus dem betreffenden Erze direct als chemisch reines Metall gewonnen wird.

Nach älteren Verfahren wurde Kupfer auf elektrolytischem Wege in der Weise dargestellt, daß man abwechselnd 1 bis 2 cm starke Platten aus Schwarzkupfer und dünne Platten aus reinem Kupfer in verdünnte Schwefelsäure einhing,

Digitized by Google

und sie mit den Polen einer Dynamomaschine in solcher Weise verband, daß der Strom vom Schwarzkupfer nach dem Reinkupfer geht. Es wird dann das im Schwarzkupfer enthaltene reine Kupfer gelöst und auf den Blechen aus reinem Kupfer niedergeschlagen, andere in Schwefelsäure lösliche Bestandtheile bleiben in Lösung, unlösliche Verunreinigungen sinken zu Boden. An Stelle der Platten aus Schwarzkupfer hat man auch den Kupferstein selbst als Anode verwendet. Die Herstellung der Anoden aus Kupferstein bedingt aber einen vorhergehenden Schmelzproceß des gerösteten Kupfererzes und dies bildet den wesentlichsten und kostspieligsten Theil der Kupfergewinnung auf pyrotechnischem Wege. Der Guß der Anodenplatten ist außerdem schwierig und unsicher, und der elektrolytische Proceß selbst wird durch das Zerfallen der Anoden vor ihrer vollständigen Lösung sehr gestört, außerdem wird aber nur ein Theil des elektrischen Stromes zur Auflösung von Kupfer verwendet.

Als Lösungsmittel für das in den zu verarbeitenden Erzen enthaltene Schwefelkupfer wird bei dem Siemens'schen Verfahren eine Lösung von Eisenvitriol (schwefelsaures Eisenoxydul) verwendet. Gleichzeitig bindet diese Lösung den an der Anode freiwerdenden Sauerstoff, und geht dadurch in schwefelsaures Eisenoxyd über.

Die der Elektrolyse unterworfene Flüssigkeit besteht aus einer Lösung von Eisenvitriol und Kupfervitriol, welcher behufs Verbesserung der Leitfähigkeit etwas freie Schwefelsäure zugefügt wird. Diese Flüssigkeit wird ununterbrochen dem Kathodenraume zugeführt, wobei sich ein Theil des Kupfers durch die Wirkung des elektrischen Stromes als Metall an der Kathode niederschlägt. Dann fließt sie in den Anodenraum, um am Boden desselben abgezogen zu werden.

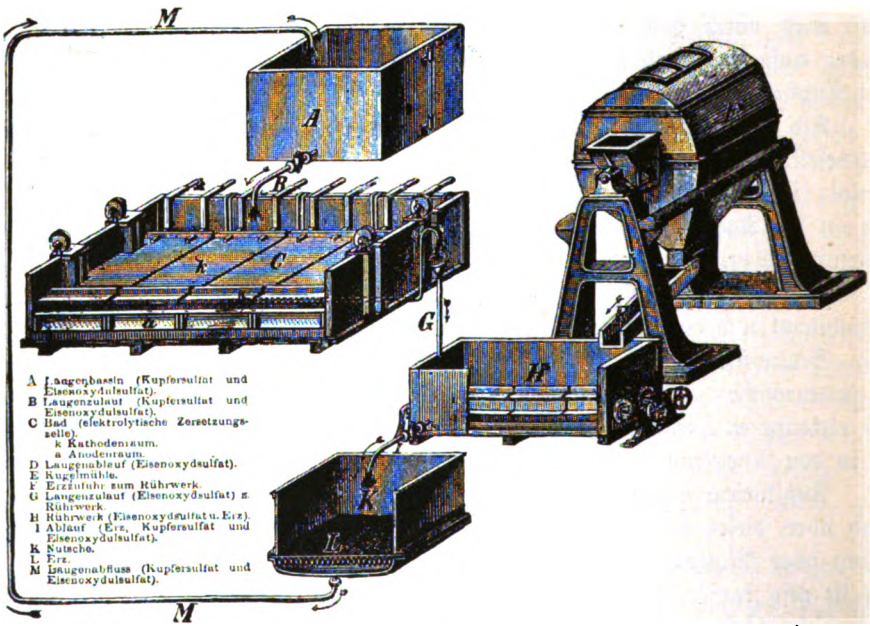
Auf diesem Wege geht das schwefelsaure Eisenoxydul in schwefelsaures Eisenoxyd über, dieses besitzt ein größeres specifisches Gewicht und sinkt an den Kohlenstäben oder Platten, welche als Anode dienen, zu Boden. Die abfließende Flüssigkeit ist also kupferärmer geworden, sie besitzt aber nun ihrerseits die Eigenschaft, Schwefelverbindungen des Kupfers, wie auch metallisches Kupfer in Kupfervitriol überzuführen. Dabei geht aber das schwefelsaure Eisenoxyd wieder in Eisenvitriol über, während der gleichzeitig frei werdende Sauerstoff des Kupfer oxydirt. Diese Oxydation, beziehungsweise Auflösung des Kupfers geschieht bei manchen fein gepulverten schwefelhaltigen Kupfererzen schon vollständig im ungerösteten Zustande bei mäßiger Erwärmung. Bei anderen Erzen muß eine mäßige Röstung des Erzpulvers der Lösung des Kupfers vorangehen.

Das Auslaugen des Erzpulvers durch die entkupferte oxydirte Flüssigkeit geschieht in schmalen und niedrigen, aber langen Rinnen aus Holz, in welchen durch zwei einander entgegenarbeitende Flügelwalzen das Erzpulver in der Lauge suspendirt erhalten wird. Die aus den Fällungszellen austretende, theilweise entkupferte und gleichzeitig oxydirte Lauge wird nun ununterbrochen mit dem Erzpulver gemischt, dem Anfange der Rinne zugeführt, und verläßt sie mit dem entkupferten Pulver am anderen Ende derselben. Durch ein in der Rinne liegendes

Digitized by Google

Dampfrohr wird der Lösungsproceß nach Erfordernis durch Erwärmung gefördert. Die Trennung des ausgelaugten Erzpulvers von der Flüssigkeit erfolgt durch Absetzen oder in einem Filtrirapparate. Die kupferreiche Lösung wandert neuerdings durch den elektrischen Apparat.

Wir haben es also hier mit einem Kreisprocesse zwischen Elektrolyse und Auslaugung der Erze derart zu thun, daß die Auslaugeflüssigkeit auf elektrolytischem Wege in den Zersetzungszellen erzeugt und durch den chemischen Proceß in der Lösung der kupferhaltigen Theile des Erzes die ursprüngliche Zusammensetzung des Elektrolyten wieder hergestellt wird.

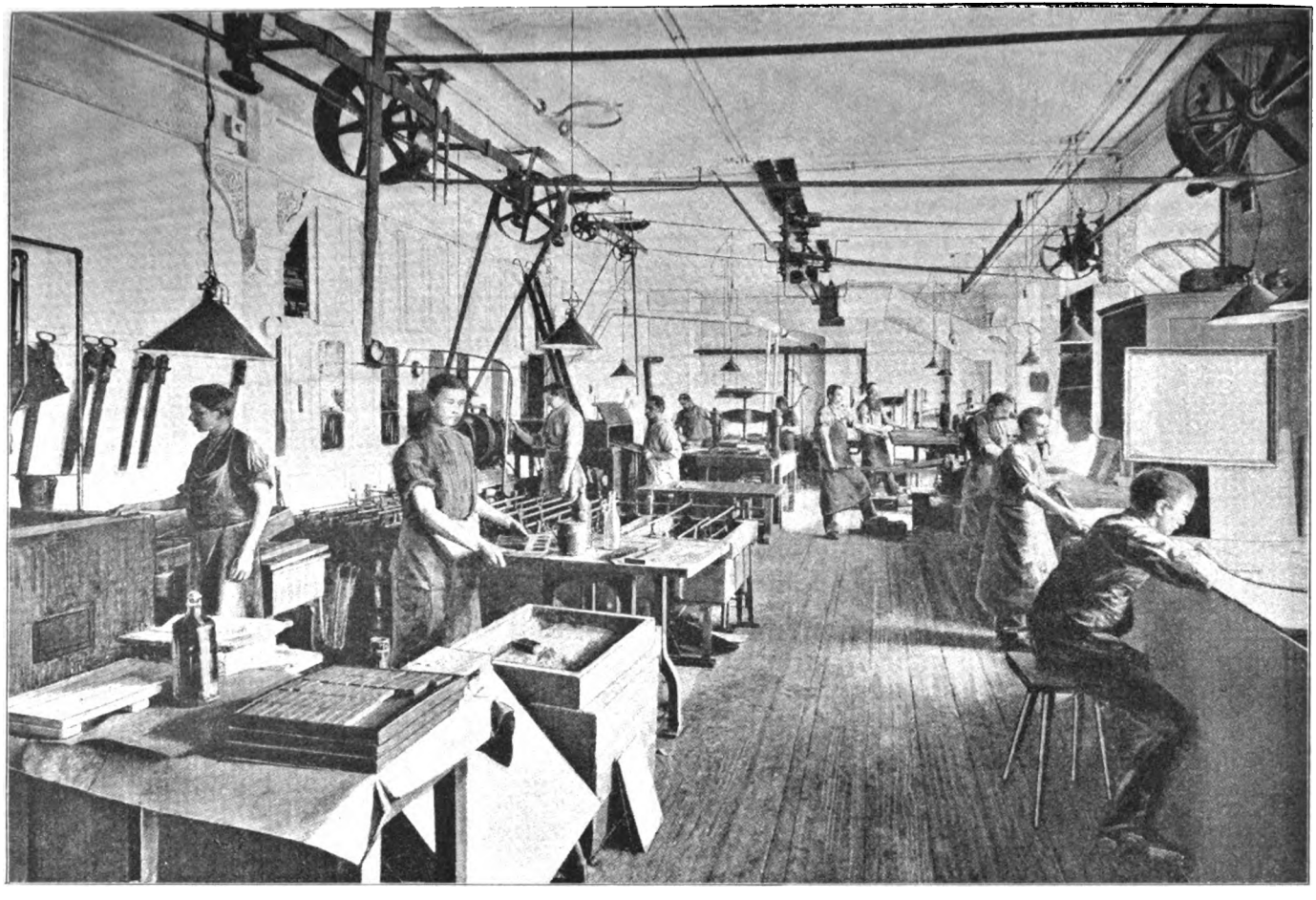



Vorrichtung zur Gewinnung von Kupfer durch Elektrolyse nach dem Siemens'schen Verfahren.

Es fehlt uns hier der Raum, um die zahlreichen anderen Verfahren zur Gewinnung des Kupfers zu besprechen. Außerdem haben diese Processe für den Laien eigentlich nur geringes Interesse, und es mag das hier darüber Gesagte deshalb genügen.

Das Kupfer findet zu den verschiedensten Zwecken Verwendung. Es wird im geschmiedeten oder gewalzten Zustande als Blech oder Draht gebraucht, es dient zur Herstellung von Rohren und Gefäßen, die theils zu Haushaltungszwecken, theils in vielen chemischen Industrien, so in der Zucker- und Spiritusfabrikation, in der Bierbrauerei u. s. w., wie Pfannen, Kessel, Destillir- und Kühlapparate ꝛc. gebraucht werden. Seiner guten Leitfähigkeit für den elektrischen Strom wegen dient es zur Herstellung von Leitungen und submarinen Kabeln; eine ebenso große

Digitized by Google



**Anſtalt für Galvanoplaſtik.**
**Aus dem Etabliſſement von Schelter & Gieſecke in Leipzig.**

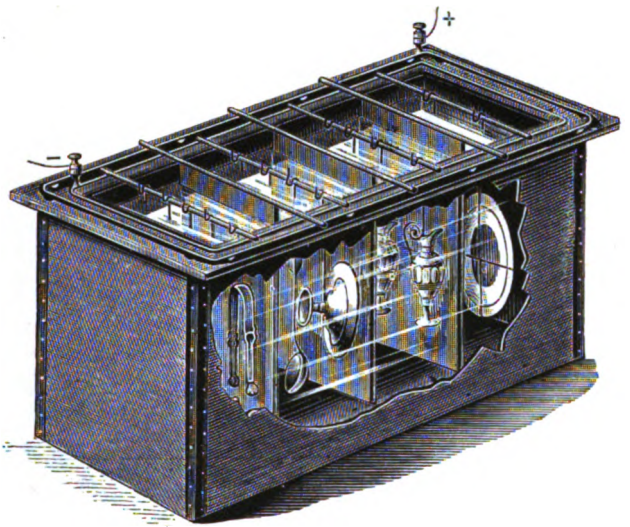
Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

Digitized by Google

Bedeutung besitzen aber auch die Legirungen des Kupfers mit Zink und mit Zinn, das Messing und die Bronze.

Wird eine Lösung von Kupfersulfat, des durch seine prachtvoll blauen Krystalle bekannten Kupfervitriols, der Einwirkung des elektrischen Stromes unterworfen, indem man einerseits eine Kupferplatte, andererseits eine Eisenplatte einhängt und die Kupferplatte mit dem positiven, die Eisenplatte mit dem negativen Pole einer Batterie verbindet, so löst sich die Kupferplatte auf und es entsteht wieder Kupfervitriol, an der negativen Eisenplatte wird aber eine dünne und gleichmäßige Schicht von reinem Kupfer niedergeschlagen. Man benützt dieses Verhalten in der Galvanoplastik, um einerseits Metallgegenstände mit Kupfer zu überziehen, andererseits aber Gegenstände, Münzen u. s. f. in Kupfer nachzubilden.



Galvanoplastische Wanne.

Zu diesem Zwecke wird von dem nachzubildenden Gegenstande ein scharfer Abguß in Gips, Wachs oder Paraffin angefertigt. Um diesen für den elektrischen Strom leitend zu machen, wird er sorgfältig mit Graphit- oder Bronzepulver eingerieben und dann mit dem negativen Pole der Batterie in die Kupfervitriollösung gebracht. Schließt man nun den Strom, so überkleiden sich die leitenden Flächen des Abgusses mit einer Kupferschicht, die sich auch den feinsten Zeichnungen mit aller Schärfe anschmiegt. Hat sie eine genügende Dicke erreicht, so wird sie abgelöst, mit Gips oder einem leicht schmelzbaren Metalle hintergossen und bietet nun ein getreues Bild des Gegenstandes.

Man bedient sich dieses Verfahrens aber nicht nur zur Anfertigung von Kunstgegenständen. Besonders wichtig ist die Galvanoplastik zum Copiren von Holzschnitten. Handelt es sich nämlich darum, von einem Holzschnitte tausende und hunderttausende Abzüge herzustellen, so würden wohl die ersten scharf und deutlich werden. Das Holz ist aber ein viel zu weiches Material, um genügenden Widerstand zu leisten, und bald würde sich der Holzschnitt so sehr abnützen, daß er nur mehr höchst unsaubere und undeutliche Abdrücke liefert. Dies vermeidet man dadurch, daß man mit dem Holzschnitte selbst überhaupt nicht druckt, sondern ihn in Wachs oder Guttapercha abdrückt und von dieser Matrize nun auf galvano-

Digitized by Google

plastischem Wege wieder einen Abdruck anfertigt. Dieser wird, wenn er die Dicke von 1 bis 1·5 mm erreicht hat, abgelöst, mit Letternmetall hintergossen und auf einer Holzplatte montirt. Um einer zu raschen Abnützung der Oberfläche vorzubeugen, wird diese meist noch mit einer dünnen Stahlschicht überzogen, welche ebenfalls auf galvanoplastischem Wege erzeugt wird. Man ist mit Hilfe dieses Verfahrens also in der Lage, von einem Holzschnitte Millionen Abzüge, stets mit der gleichen Reinheit und Schärfe anzufertigen, ohne daß der Holzschnitt selbst mit der Buchdruckerpresse in Berührung kommt oder die geringste Abnützung erleidet.

Wir gehen nun zur Besprechung des nächsten Metalles der Kupfergruppe, des Silbers über. Dieses Metall war schon den alten Völkern bekannt. An vielen Orten wurde es von den Großen der Erde angehäuft und die Schriftsteller der Alten erzählen uns, daß in Asien ein solcher Ueberfluß an Silber vorhanden war, daß man daraus, wie beispielsweise in Ekbatane, Dachziegel verfertigte. Dem Tempel zu Delphi machte aber König Krösus Geschenke aus Silber im Werthe von fast 60 Millionen Mark.

Das Silber kommt sowohl im gediegenen Zustande als auch vererzt vor. So ist der Silberglanz Schwefelsilber, desgleichen das Sprödglaserz oder Schwarzgiltigerz. Aus Silber und Chlor besteht das sogenannte Hornsilber, welches sich durch große Weichheit auszeichnet und im reinen Zustande 75% Silber enthält.

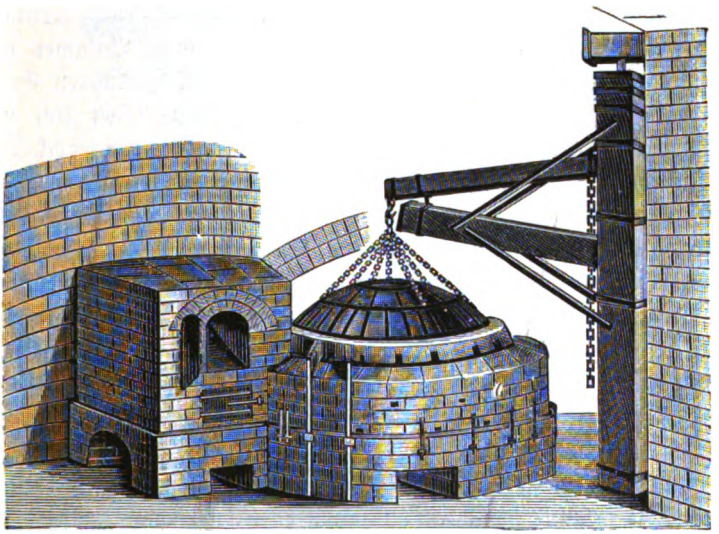
Außerdem kommt das Silber aber auch als regelmäßiger Begleiter anderer Erze vor, und viele derselben sind so reich an diesem Edelmetalle, daß es daraus mit Erfolg gewonnen werden kann. So enthält der Bleiglanz meist 0·01 bis 0·33, in seltenen Fällen sogar bis zu 1% Silber, auch viele Zinkerze sind silberhaltig, desgleichen jene Kupfererze, die man als „Fahlerze" zu bezeichnen pflegt und welche eine sehr wechselnde und complicirte Zusammensetzung besitzen.

Zur Gewinnung des Silbers aus seinen Erzen stehen drei Verfahren in Anwendung. Das gewöhnlichste Verfahren ist die Verbleiung. Bei der Verhüttung silberhaltiger Bleierze sammelt sich nämlich das Silber im Werkbleie an und daraus wird es durch die „Treibarbeit" gewonnen. Zu diesem Zwecke bringt man das silberhaltige Blei in den „Treibherd"; es ist dies ein Gebläseflammofen mit flacher Herdsohle, auf welcher das geschmolzene Blei dem oxydirenden Einflusse des Gebläsewindes ausgesetzt wird. Dadurch geht es in Bleioxyd über, welches sich an der Oberfläche ansammelt und abgezogen wird; das Silber als Edelmetall erleidet dabei keine Veränderung. Das geschmolzene Metall wird also immer ärmer an Blei und reicher an Silber. Ist schließlich die Operation dem Ende nahe, so überzieht sich das hinterbleibende Silber mit einer dünnen, in allen Farben des Regenbogens schillernden Haut, welche, sobald die Oxydation vollkommen beendet ist, zerreißt, und die glänzende Oberfläche des geschmolzenen Silbers den „Silberblick" zeigt. Dieses Blicksilber wird dann nochmals unter Luftzutritt geschmolzen, um es von allen etwa noch vorhandenen oxydirbaren Metallen zu befreien; dieser Vorgang wird das „Feinbrennen" genannt.

Digitized by Google

Die Treibarbeit ist aber nur dann wirklich lohnend, wenn das Blei größere Mengen Silber enthält. Dies ist aber nicht immer der Fall, dagegen gelingt es nach dem Pattison'schen Verfahren auf sehr einfache und billige Weise das Blei zu entsilbern, beziehungsweise in einen fast silberfreien und einen sehr silberreichen Antheil zu zerlegen.

Läßt man nämlich silberhaltiges Blei langsam abkühlen, so scheiden sich zunächst Bleikrystalle aus, welche wesentlich weniger Silber enthalten als der noch flüssige Theil. Diese Krystalle werden ausgeschöpft und, wie auch der flüssige Antheil, immer aufs neue dieser Behandlung unterworfen. Man erhält dadurch



Treibherd.

schließlich ein fast silberfreies Blei, andererseits aber das sehr silberhaltige Reichblei, welches nun mit Vortheil auf dem Treibherde verarbeitet werden kann.

Ein zweites Verfahren der Silbergewinnung ist die Amalgamation. Quecksilber besitzt nämlich die Eigenschaft, Silber — und auch Gold — aufzulösen; solche Lösungen von Metallen in Quecksilber werden als „Amalgane" bezeichnet. Man behandelt zu diesem Zwecke die in entsprechender Weise vorbereiteten Erze mit Quecksilber, wodurch das Silber gelöst wird. Dann wird das überschüssige Quecksilber von dem Amalgame abgepreßt und dieses selbst der Destillation unterworfen, es hinterbleibt ein poröser Silberklumpen, während das Quecksilber aufgefangen, verdichtet und neuerdings verwendet wird.

Das dritte Verfahren endlich besteht darin, daß man das Silber durch geeignete Behandlung in lösliche Silbersalze überführt. Diese werden in Lösung gebracht und gefällt, wobei man das Silber als feines, schwarzes Pulver erhält,

Digitized by Google

welches umgeschmolzen und in Barren gegossen wird. So ist beispielsweise Chlorsilber in Kochsalzlösung löslich. Man röstet also zunächst die Silbererze unter Zusatz von Kochsalz, wodurch Chlorsilber entsteht und laugt dieses mit Kochsalzlösung aus. Die silberhaltige Kochsalzlösung läßt man dann über Kupferspäne fließen, wodurch das Silber gefällt wird.

Das Silber ist ein rein weißes und sehr dehnbares Metall, welches an der Luft unverändert bleibt und sich nicht oxydirt. Ein eigenthümliches Verhalten zeigt geschmolzenes Silber gegenüber dem Sauerstoffe der Luft, diesen vermag es nämlich in bedeutender Menge aufzunehmen. Kühlt man dann das geschmolzene Silber, welches den Sauerstoff nicht chemisch gebunden enthält, sondern ihn nur mechanisch festhält, ab, so wird er wieder ausgestoßen. Nun beträgt aber die Menge des aufgenommenen Sauerstoffes etwa das 22fache Volumen des Silbers, die Ausstoßung erfolgt daher sehr lebhaft und unter besonderen Erscheinungen, welche als das „Spratzen" bezeichnet werden. Zunächst bildet sich nämlich auf der Oberfläche des erstarrenden Metalles eine feste Kruste, die jedoch bald zerreißt und noch flüssiges Metall austreten läßt. Diese Kruste wird aber mit der fortschreitenden Abkühlung immer widerstandsfähiger, es werden Blasen aufgetrieben, welche unter starken Detonationen zerplatzen, kleine Krater entstehen, aus welchen geschmolzenes Silber in lavaähnlichen Strömen hervorbricht. Kleine Silbertröpfchen werden umhergeschleudert, überhaupt erhält man den Eindruck eines Vulcanes im Kleinen, bei welchem das erstarrte Silber die Erdrinde, das noch flüssige aber die Lava vorstellt.

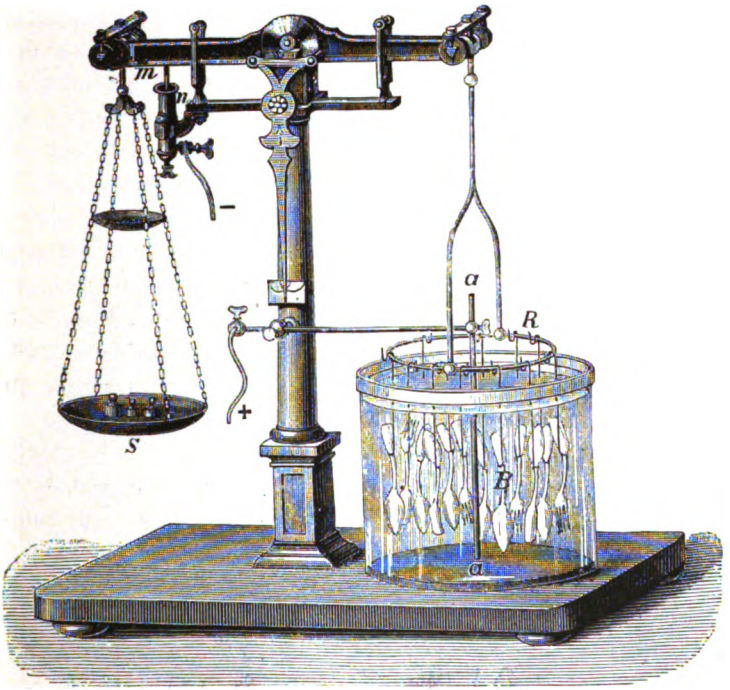
Die Verwendungsarten des Silbers sind zu bekannt, um hier noch besonders aufgezählt zu werden. Bemerkt mag nur werden, daß auch das Versilbern von Metallgegenständen auf galvanischem Wege erfolgt. Als Versilberungsbad dient eine Lösung von Cyansilber in Cyankalium. Der übrige Vorgang ist dann der gleiche wie bei der galvanischen Verkupferung, nur wird an Stelle der Kupferplatte eine Silberplatte in die Lösung eingehangen.

Bei einem so werthvollen Metalle aber, wie es das Silber ist, will man die Dicke des zu erzeugenden Metallniederschlages und sein Gewicht genau regeln können und das Gleiche ist in noch höherem Grade bei der galvanischen Vergoldung, die in ähnlicher Weise vorgenommen wird, der Fall. Man erreicht dies durch Anwendung der äußerst sinnreichen und genial erdachten Roseleur'schen Wage, deren Einrichtung die nebenstehende Abbildung veranschaulicht.

Der Wagebalken einer empfindlichen Wage trägt an einem Ende die Wageschale S, an dem anderen einen an einem Bügel befestigten Metallring R; an diesem Ringe hängen an dünnen Drähten die einzelnen Gegenstände in dem Metallbade B. Auf derselben Seite des Wagebalkens, an welcher sich die Wageschale befindet, ist ein Metallstift m am Wagebalken angebracht, welcher in einen mit Quecksilber gefüllten Napf n taucht. Dieser wird mit dem negativen Pole der Batterie verbunden, während der positive Pol durch eine von der Wage isolirte Klemmschraube mit der Anode a in leitender Verbindung steht.

Digitized by Google

Die Verwendung dieser Wage geschieht in folgender Weise: Wenn die Gegenstände an dem Ringe R befestigt sind, bringt man die Wage durch Auflegen der Tara auf die Wageschale ins Gleichgewicht. Ist dies erreicht, steht also der Wagebalken horizontal, so taucht der Draht m nicht in das Quecksilber, sondern endet knapp oberhalb des Quecksilberspiegels. Nun legt man jenes Gewicht auf die Wagschale, welchem die niederzuschlagende Metallmenge entsprechen soll. Dadurch senkt sich die Wage auf der Seite des Gewichtes und nun taucht der Metallstift auch in das Quecksilber bei n ein. Durch die Berührung




Wage von Roseleur.

zwischen Stift und Quecksilber wird der Strom geschlossen und die Metallabscheidung an den Gegenständen beginnt. Hat sich dann die gewünschte Metallmenge niedergeschlagen, so ist auch der Wagebalken wieder in seine normale horizontale Lage gelangt. Da aber in dieser Lage der Stift m das Quecksilber nicht mehr berührt, wird der Strom gleichzeitig unterbrochen, und damit hört auch die Abscheidung des Metalles auf.

Mit Hilfe dieses äußerst sinnreichen Apparates ist man — eine genügend empfindliche Wage vorausgesetzt — also im Stande, die niederzuschlagende Menge des Edelmetalles ganz genau zu bestimmen, und einer zu geringen wie auch einer zu starken Versilberung oder Vergoldung vorzubeugen.

Digitized by Google

Das dritte Metall der Kupfergruppe ist das Quecksilber, das in der Natur wohl auch gediegen, am häufigsten jedoch als Schwefelverbindung vorkommt. Dies ist der bekannte Zinnober, der auch fast ausschließlich zur Gewinnung dieses wichtigen Metalles dient.

Das Quecksilber war schon den alten Völkern bekannt. Theophrastus, der um 300 v. Chr. lebte, nannte es treffend „flüssiges Silber", und Dioskorides bezeichnete es als „Wasserſilber". Diese beiden Benennungen zeigen schon mit aller Sicherheit an, daß hier thatsächlich nur Quecksilber gemeint sein kann.

Der alchemistischen Schule machte dieses Metall sehr viel zu schaffen. Es wurde nach allen Richtungen hin untersucht, legirt und mit allen verfügbaren Hilfsmitteln der Chemie jener Zeit gequält. Doch zählte man es nicht zu den Metallen, und dies ist begreiflich, da ihm ja bei gewöhnlicher Temperatur eine der wesentlichsten Kennzeichen der Metalle, die Festigkeit und Härte vollständig mangelt. Dagegen betrachteten die Alchemisten den „Mercurius vivus" als einen Stoff, welcher in allen Metallen enthalten sei, als die Seele der Metalle; zu dieser Anschauung führte sie die Thatsache, daß sich das Quecksilber sehr leicht mit vielen Metallen zu Amalgamen vereinigt. Die Amalgame wurden aber als neue Metalle angesehen, und so darf uns die Anschauung der Alchemisten nicht wundern, wenn sie glaubten, durch Incorporirung des Quecksilbers in andere Metalle, durch Einhauchung einer größeren Portion „Seele" diesen die Eigenschaften von Edelmetallen zu verleihen. Auf die Transmutation der Metalle, auf die Umwandlung unedler Metalle in edle war ja das Streben der Chemiker Jahrhunderte hindurch gerichtet.

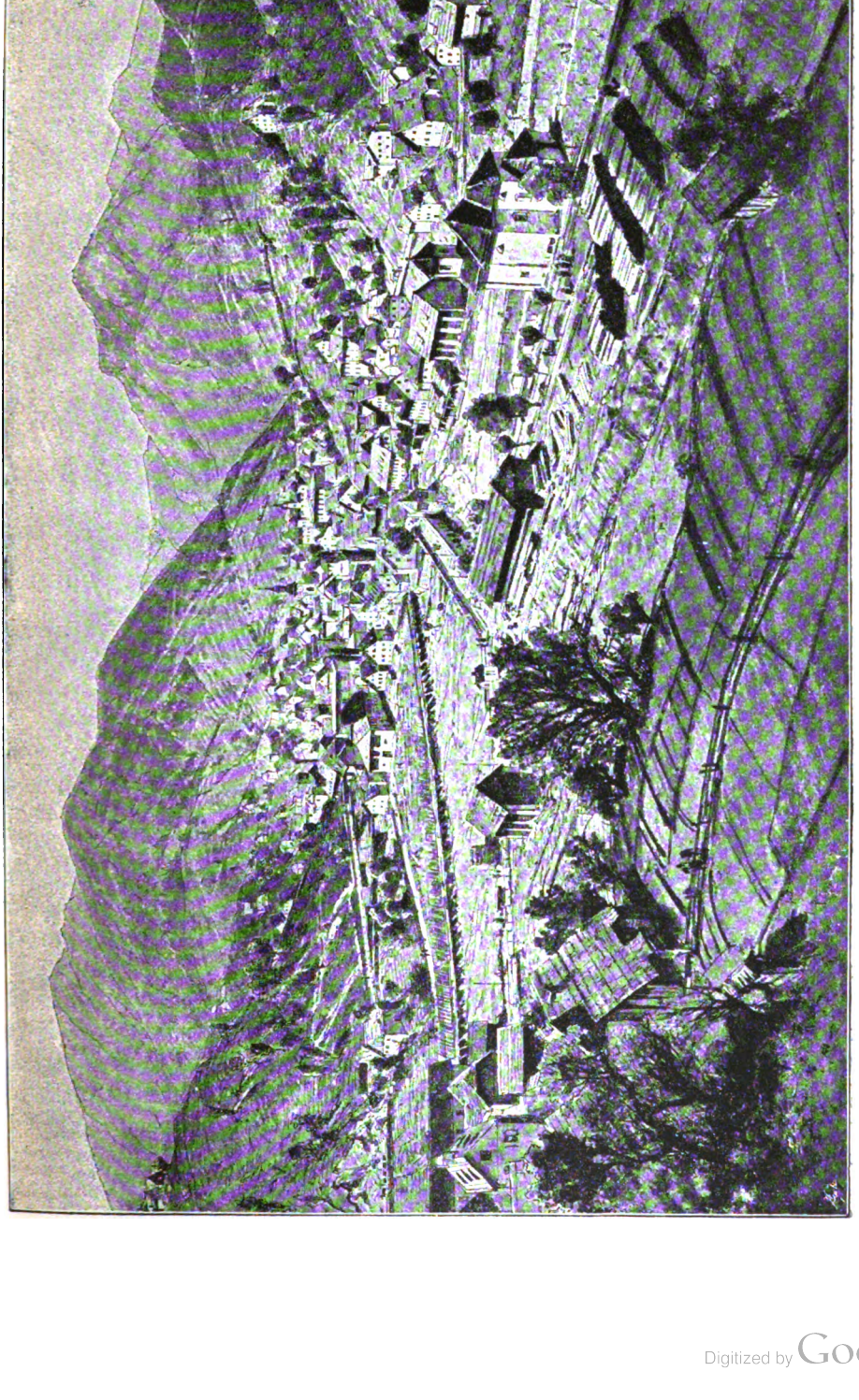
Später bezeichnete man das Quecksilber als Halbmetall, bis endlich Braune in Petersburg im Winter des Jahres 1759 den Nachweis erbrachte, daß Quecksilber bei genügend niederer Temperatur (— 40°) fest wird, und dann ganz die Eigenschaften eines richtigen Metalles besitzt.

Das Quecksilber kommt eigentlich nur an wenigen Punkten der Erde in größerer Menge vor. Die bekanntesten und wichtigsten Fundstätten sind Idria in Krain und Almaden in Spanien. Außerdem findet sich Zinnober noch in geringerer Menge in Ungarn, Californien und Peru.

Die Darstellung des Quecksilbers aus dem Zinnober ist eine verhältnismäßig einfache Operation. Wird Zinnober erhitzt, so verflüchtigt er sich und schlägt sich an kälteren Stellen wieder als Zinnober nieder. Nimmt man dagegen die Erhitzung bei Luftzutritt vor, so verbrennt der Schwefel zu schwefliger Säure, welche sich gleichzeitig mit dem metallischen Quecksilber verflüchtigt. Durch Abkühlung wird dann das Quecksilber verdichtet und durch nochmalige Destillation aus eisernen Retorten gereinigt.

Ein Ofen älterer Construction zur Gewinnung des Quecksilbers nach dem geschilderten Verfahren, wie er früher zu Idria in Verwendung stand, ist auf Seite 512 abgebildet. Das Erz wurde auf den drei Gewölben a, b und c aufgeschichtet und durch ein darunter angezündetes Feuer geröstet, die Quecksilberdämpfe traten in die links und rechts angeordneten Kammern CC ein, in welchen sie sich ver-

Digitized by Google



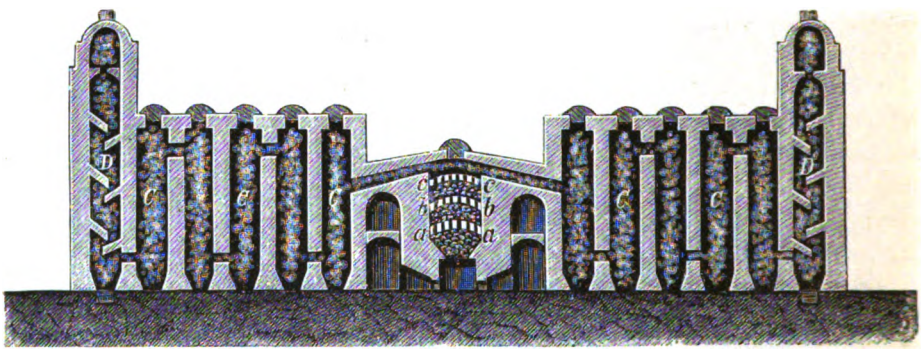
Die Bergstadt Idria 1898.
(Nach einer Originalzeichnung von L. v. Benesch.)

Digitized by Google

dichteten. Schließlich müssen die Gase noch die Thürme D passiren, über deren schräge gestellte Platten Wasser herabrieselt.

Diese Oefen ermöglichen jedoch nicht den ununterbrochenen Betrieb, auch ist die Ausbeute nicht den Anforderungen entsprechend. Man bedient sich daher in neuerer Zeit gemauerter Schachtöfen mit gut wirkenden Condensationsvorrichtungen, welche ununterbrochen im Betriebe stehen, und etwa 90% des in den Erzen enthaltenen Quecksilbers zu gewinnen gestatten.

Das zweite zur Gewinnung des Quecksilbers dienende Verfahren besteht darin, daß man den Zinnober mit Zuschlägen, durch welche der Schwefel gebunden wird, erhitzt. Solche Zuschläge sind gebrannter Kalk oder Eisen, im ersten Falle entsteht Schwefelcalcium, im zweiten Schwefeleisen, während sich das Quecksilber in Dampfform verflüchtigt.




Quecksilberofen.

Das Quecksilber wird in Beuteln aus Schafleder oder in gut verschraubten eisernen Flaschen in den Handel gebracht. Seine Anwendung ist bekannt, es dient zur Herstellung von Thermometern und Barometern, bedeutende Mengen wurden früher zur Anfertigung der Spiegel verbraucht, die mit Zinnamalgam belegt wurden. Jetzt stellt man Spiegel fast ausnahmslos in der Weise her, daß man auf der Glastafel durch reducirende Stoffe aus Silberlösungen eine Ausscheidung von metallischem Silber bewirkt.

Manche Verbindungen des Quecksilbers werden in der Arzneikunde verwendet, der künstliche Zinnober dient als Farbe. Auch der Physiker und der Chemiker bedarf des Quecksilbers, und zwar hauptsächlich zu dem Zwecke, um Gase aufzufangen und abzusperren. Liebig zählt daher mit vollem Rechte das Quecksilber unter jenen Stoffen auf, ohne deren Besitz die Chemie nicht jene Entwickelungsstufe hätte erreichen können, welche sie heute einnimmt.

Die nächste natürliche Gruppe der Metalle, die Cergruppe, umfaßt ausschließlich seltene Elemente. Hierher gehören außer dem Cer Yttrium, Lanthan, Didym, Erbium, Terbium u. s. f. Eine technische Verwendung kommt diesen Metallen,

Digitized by Google

REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA



welche, wie gesagt, verhältnismäßig selten sind, nicht zu, wohl aber dienen die Oxyde einzelner derselben zur Herstellung der Glühkörper, wovon schon bei Besprechung der Leucht- und Heizstoffe die Rede war.

Zur Aluminiumgruppe gehören außer dem Aluminium die Metalle Indium und Gallium, welche ebenfalls sehr selten sind, und nur als chemische Individuen, nicht aber als technisch wichtige Stoffe interessiren. Dagegen besitzt das Aluminium eine sich von Tag zu Tag steigernde Bedeutung für die Praxis, und wir müssen uns daher mit der Darstellung dieses interessanten Metalles etwas eingehender befassen.

Im gediegenen Zustande kommt das Aluminium nicht vor. Dagegen betheiligen sich seine Verbindungen in hervorragender Weise an der Zusammensetzung der Erdrinde. Der Thon ist, wie wir wissen, kieselsaures Aluminiumoxyd, jeder Feldspath enthält Aluminium, und endlich bestehen auch drei unserer schönsten Edelsteine, der Korund, und seine gefärbten Abarten Rubin und Saphir aus Thonerde, im chemischen Sinne aus Sauerstoff und Aluminium.

Das Aluminium ist ein zinnweißes Metall, dessen wesentlichster Vorzug gegenüber anderen Metallen in seiner Leichtigkeit liegt. Während das Gold neunzehnmal, das Blei elfmal, das Quecksilber dreizehnmal und das Eisen ungefähr achtmal so schwer ist, als ein gleiches Volumen Wasser, besitzt das Aluminium nur das specifische Gewicht 2·56, d. h. 1 l Aluminium wiegt nur 2·56 kg, während 1 l Eisen etwa 8 kg wiegt.

In der Thonerde ist der Sauerstoff so innig mit dem Aluminium verbunden, daß beide nicht durch die gewöhnlichen Reductionsmittel — Kohle oder Wasserstoff — getrennt werden können. Erst bei Verwendung des elektrischen Stromes als Wärmequellen ist dies möglich. Da man aber erst seit wenigen Jahren im Stande ist die dazu erforderlichen bedeutenden Elektricitätsmengen zu erzeugen, waren ältere Forscher auf andere Hilfsmittel angewiesen. Wöhler ging in der Weise zu Werke, daß er Aluminiumchlorid mit metallischem Kalium oder Natrium schmolz, und es gelang ihm thatsächlich, Aluminium darzustellen. Später hat dann Bunsen Aluminium durch Elektrolyse von Aluminiumchlorid erhalten. Besondere Verdienste um die Darstellung dieses Metalles in größerem Maßstabe erwarb sich jedoch Deville, der seine Versuche mit Unterstützung Napoleon's durchführte.

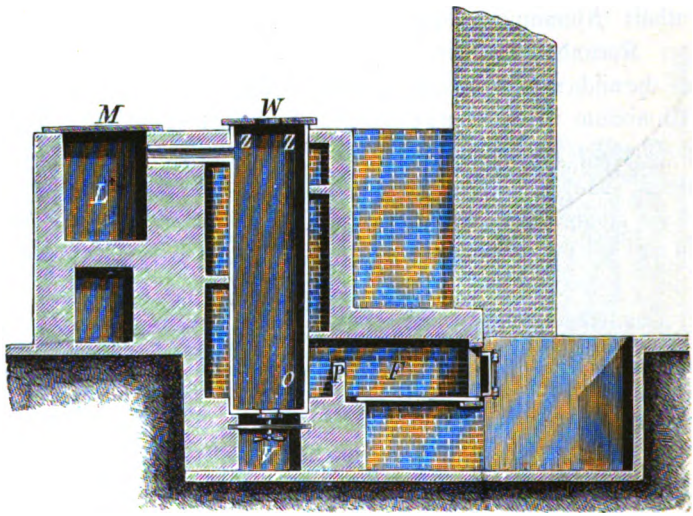
Deville schlug den gleichen Weg ein wie Wöhler, nur wendete er als Reductionsmittel Natrium an, und an Stelle des Aluminiumchlorides die Doppelverbindung Aluminiumnatriumchlorid. Diese Verbindung wurde aus dem in der Natur vorkommenden Minerale Bauxit dargestellt. Zu diesem Zwecke schmolz man den gepulverten Bauxit, welcher durch Eisenoxyd und Kieselsäure verunreinigtes Aluminiumfluorid ist, in Flammöfen mit Soda. Es entsteht eine in Wasser leicht lösliche Verbindung von Natrium mit Thonerde (Natriumaluminat), welche von dem unlöslichen Rückstande getrennt und durch Einleiten von Kohlensäure gefällt wurde. Dabei bildete sich wieder kohlensaures Natrium, während sich die Thonerde in Form



Digitized by Google

einer weißen, gallertartigen Masse abschied. Diese wurde auf Leinwandfilten gesammelt und ausgewaschen und bildete das eigentliche Rohmaterial für die Darstellung des Aluminiums.

Es handelte sich nun darum, die Thonerde in die erwähnte Doppelverbindung Aluminiumnatriumchlorid überzuführen. Zu diesem Zwecke wurde sie entwässert und mit Kochsalz und Kohle zu Kugeln geformt, welche scharf getrocknet wurden. Dann brachte man sie in aufrechtstehende Retorten O aus feuerfestem Thone, in welchen sie langsam bis zur Weißglut erhitzt wurden. War der erforderliche Hitzegrad erreicht, so wurde unten Chlor in die Retorten eingeleitet und es entstand flüchtiges Aluminiumnatriumchlorid. Dieses wurde nach der Kammer L geleitet, wo es sich verdichtete.




Ofen nach Deville zur Gewinnung von Aluminiumnatriumchlorid.

Je 100 kg dieses Doppelchlorides wurden mit 35 kg Natrium und 40 kg Kryolith, welcher als Flußmittel dient, gemischt, und auf der Sohle eines Flammofens zusammengeschmolzen. Das Aluminium sammelte sich am tiefsten Punkte der Herdsohle an, und wurde in Barren gegossen.

Diese Darstellung des Aluminiums ist jedoch zu theuer und umständlich. Von einer Gewinnung des Aluminiums im Großen und allgemeiner Verwendung desselben zu technischen Zwecken konnte daher erst die Rede sein, als man begann, es mit Hilfe des elektrischen Stromes herzustellen. Heute wird alles Aluminium auf diesem Wege gewonnen und der Preis ist auch ganz bedeutend herabgegangen. Während ursprünglich das Kilogramm Aluminium 3000 Francs kostete und der Preis sich nach den Arbeiten Devilles auf 100 bis 120 Francs erniedrigte, kostet heute das Kilogramm dieses Metalles, seit es mit Hilfe des elektrischen Stromes

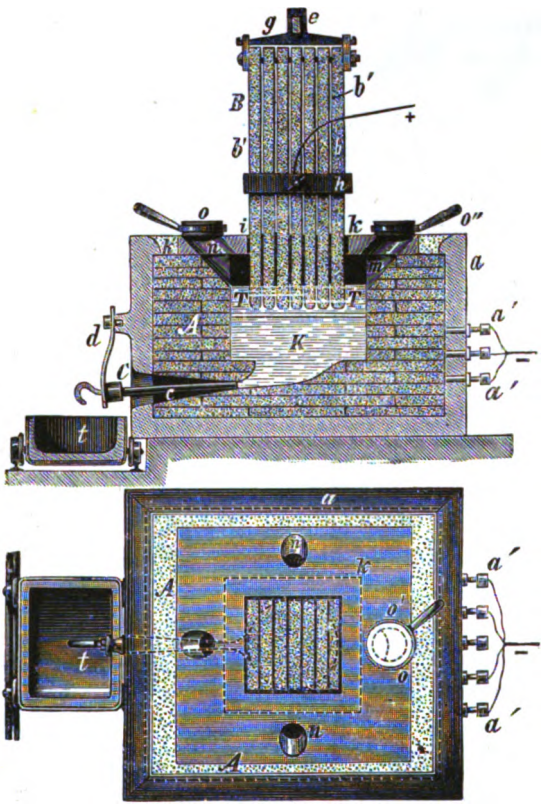
Digitized by Google

hergestellt wird, nur mehr 4 Mark, und dadurch ist der allgemeinen Anwendung des Aluminiums auch Thür und Thor geöffnet.

Das Princip der Gewinnung von Aluminium, beziehungsweise Aluminiumlegirungen mittelst des elektrischen Stromes wird aus der folgenden Beschreibung klar werden.

Der elektrische Ofen besteht aus einem auf dem Boden isolirt aufliegenden Kasten a aus Eisenplatten, welcher mit einer dicken Ausfütterung aus Kohlenplatten A versehen ist. Im Kasten a befindet sich eine Anzahl Stifte a' aus Kupfer, welche den negativen elektrischen Strom mit geringem Widerstande nach innen zum Behälter A führen. In diesen taucht die positive Elektrode B, deren einzelne Kohlenstäbe entweder aufeinander gelegt oder mit Zwischenräumen versehen sind, welche dann mit einem gut leitenden Materiale, wie Kupfer oder weicher Kohle, ausgefüllt sein müssen.

Am oberen Ende sind die Kohlenplatten b durch das Rahmenstück g zusammengefaßt, dessen Oese e zum Einhängen in eine Kette dient, mittelst welcher das Kohlenbündel B eingestellt, d. h. in seine richtige Lage gebracht und höher oder tiefer gestellt werden kann. Das den Umfang des Kohlenbündels umschließende Rahmenstück h ist mit den nöthigen Klemmvorrichtungen, wie Schrauben u. dgl., zur Feststellung des positiven Kabels versehen.




Elektrischer Ofen zur Aluminiumdarstellung von Heroult.

Mit Ausnahme eines für die senkrechte Bewegung des Kohlenbündels nöthigen Spielraumes i wird die Oeffnung des Behälters B durch Graphitplatten k überdeckt, in welchen sich einige Oeffnungen n zwecks Zuführung des Materiales befinden. Dem gleichen Zwecke dienen die Oeffnungen m in den Seitenwänden des Behälters, die Canäle mn dienen auch zur Ableitung der sich während des Processes im Behälter entwickelnden Gase. Die mit einer Einfassung o' sammt dem Griffe o'' versehenen beweglichen Platten o dienen zum Bedecken der Oeffnungen während der verschiedenen Phasen des Schmelzprocesses. Zwischen der Graphitplatte k und



Digitized by Google

dem Rande des Kastens a befindet sich eine Ausfüllung k' von Holzkohlenpulver.

Soll der Apparat in Betrieb gesetzt werden, so wird zunächst der Behälter A mit zerkleinertem Kupfer gefüllt. Dann wird das Kohlenbündel auf das Kupfer gesenkt, so daß der Strom geschlossen wird, dessen Hitze das Kupfer schmilzt. Das geschmolzene Kupfer bildet den negativen Pol; man bringt nun Thonerde in den Behälter und hebt gleichzeitig das Bündel B. Der Strom muß nun durch die Thonerde gehen, diese wird geschmolzen und zersetzt. Der Sauerstoff der Thonerde verbrennt die Kohle des Kohlenbündels zu Kohlenoxyd, welches entweicht, und das metallische Aluminium geht zu Kupfer, mit welchem es sich zu Aluminiumbronze legirt.

Man speist nun den Behälter gleichmäßig weiter abwechselnd mit Kupfer und Thonerde. Das Höher- und Tieferstellen des Kohlenbündels kann durch ein Handrad mit Zahnrädern und Schraube bewirkt werden. Zum Ablassen der Aluminiumbronze wird die mit Kohle ausgekleidete Blockform t unter das Stichloch c gebracht und der Kohlenstab c so lange aus dem Stichloche entfernt gehalten, bis die Form gefüllt ist.

Nach diesem Verfahren ist es allerdings nur möglich, das Aluminium in Legirung mit Kupfer zu erhalten. Es giebt jedoch auch auf ähnlichen Principien beruhende Vorrichtungen, mittelst welcher direct reines Aluminium dargestellt werden kann.

Das Aluminium dient heute schon zu verschiedenen Zwecken, unter denen die Anfertigung von Kunstgegenständen eine hervorragende Rolle spielt. Man verwendet es zur Herstellung von Kochgeschirren, und besondere Hoffnungen knüpfen die Aeronautiker an dieses Metall, welches berufen sein soll, die Frage des lenkbaren Luftschiffes zu lösen.

Wenn auch technisch ohne jede Bedeutung, so doch ihrer Eigenschaften wegen interessant sind die beiden, dem Aluminium durch ihr chemisches Verhalten nahestehenden Metalle Indium und Gallium.

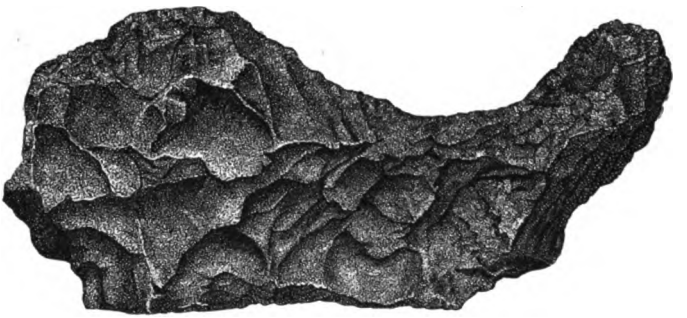
Das Indium wurde im Sommer des Jahres 1863 von Reich und Richter auf spectralanalytischem Wege in der Freiberger Zinkblende entdeckt, und bald darauf auch dargestellt. Es ist ein weißes, nicht krystallinisches Metall, welches sehr dehnbar und weicher als Blei ist. Es schmilzt bei 176°, an der Luft und selbst in kochendem Wasser behält es seinen Metallglanz bei, auf Kohle vor dem Löthrohre erhitzt, färbt es die Flamme blau. Im Spectralapparate giebt es sich durch eine intensive indigoblaue Linie und eine schwächere violette zu erkennen.

Auch das Gallium wurde auf spectralanalytischem Wege, und zwar ebenfalls in einer Zinkblende im Jahre 1875 aufgefunden. Sein Entdecker ist Lecoque de Boisbaudran, der das neue Element zu Ehren seines Vaterlandes Gallium benannte. Es ist ein bläulich-weißes Metall, dessen Schmelzpunkt schon bei 30·1° liegt. Man ist daher im Stande, eine Platte aus Gallium durch Aufsetzen des Fingers durchzuschmelzen.

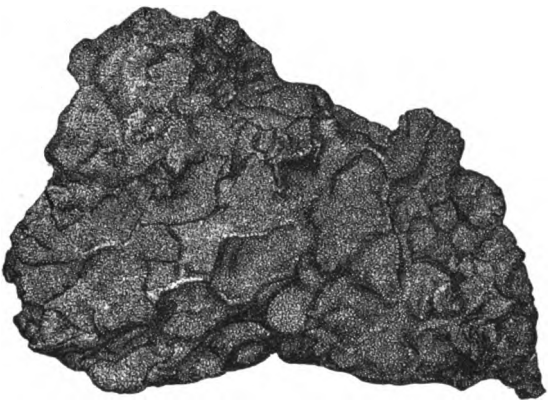
Digitized by Google

Die nächste Gruppe der Metalle, die wir nun zu besprechen haben, enthält das wichtigste aller Metalle, das Eisen. Sie wird daher auch als Eisengruppe bezeichnet, zu ihr gehören ferner noch die Elemente Mangan, Nickel und Kobalt, von denen auch die beiden letzteren, besonders aber das Nickel, eine größere technische Bedeutung besitzen.

Das Eisen kommt in der Natur vornehmlich in Form von Verbindungen vor, doch weisen einzelne Funde auch mit voller Sicherheit darauf hin, daß im Inneren unserer Erde gediegenes Eisen enthalten sein muß, das mitunter durch vulcanische Thätigkeit an die Oberfläche gelangt. Solche Funde gehören jedoch zu den größten Seltenheiten. Wenn trotzdem gediegenes Eisen ziemlich häufig auf der Oberfläche der Erde gefunden wird, so ist dies dadurch zu erklären, daß dieses Eisen eben nicht aus dem Erdinneren, sondern aus dem Weltraume stammt. Man fand Stücke solchen meteorischen Eisens, welche bis zu 25.000 kg wogen. Fast alles Meteoreisen enthält wechselnde Mengen Nickel, und an dem Vorhandensein dieses Metalles kann die Echtheit eines Meteoriten mit Bestimmtheit erkannt werden.



Meteoreisen von Hex River Mounts.



Meteoreisen von Hraschina (Croatien).

Ein eigenthümliches Verhalten zeigt das Meteoreisen gegen starke Säuren. Polirt man ein Stück und übergießt man es mit Salpetersäure, so erscheinen eigenthümliche Zeichnungen, welche nach ihrem Entdecker Widmanstätten'sche Figuren genannt werden. Ihre Entstehung ist dadurch zu erklären, daß im Meteoreisen Verbindungen des Eisens mit Nickel und Phosphor krystallinisch in die Eisenmasse eingebettet sind. Der Auflösung durch die Salpetersäure setzen diese einen größeren Widerstand entgegen, so daß sie nur wenig angegriffen werden, wodurch diese hübschen Zeichnungen entstehen.

Digitized by Google

Diese Vorkommen von gediegenem Eisen sind jedoch ihrer Menge nach so gering, daß sie wohl ein hohes wissenschaftliches Interesse beanspruchen können, für die Technik und die Industrie jedoch vollkommen belanglos sind. Dagegen kommen fast an allen Punkten der Erde Eisenerze in gewaltigen Mengen vor, und diese sind es, welche der Hüttenmann verarbeitet.

Das reichste Eisenerz ist der Magneteisenstein oder Magnetit, er besteht aus Eisenoxyduloxyd; andere wichtige Eisenerze sind der Rotheisenstein (Eisenoxyd), Spatheisenstein (kohlensaures Eisen) Brauneisenerz, Raseneisenerz, Thoneisenstein, Kohleneisenstein u. s. f. Besonders mächtige Lager von Eisenerzen finden sich in Schweden. So besteht der Taber bei Jönköping aus Eruptivgestein mit einem durchschnittlichen Eisengehalte von 30%, er bildet einen schroffen Felsrücken von nicht ganz 3000 m Länge, welcher sich mehr als 100 m über den ihn umgebenden Gneis erhebt. Aehnliche, aber noch großartigere Eisenberge dieser Art finden sich im Ural; die bekanntesten sind die Wissokaja Gora in der Nähe des berühmten Bergortes Nishnij Tagilsk und die Gora Blagodat (der gesegnete Berg) nördlich von Katharinenburg. Auch Amerika besitzt solche Eisenberge, und auch der Erzberg bei Eisenerz in Steiermark, der in der Hauptsache aus sehr reinem Spatheisenstein besteht, gehört zu den „Eisenbergen", wenn er auch nicht eine so gewaltige Masse Eisen repräsentirt, wie der Iron Mountain südlich von St. Louis im Staate Missouri.

Widmanstätten'sche Figuren.

Fast bei allen Metallen, welche im Großen dargestellt und verwendet werden, kommt es darauf an, mit allen technischen Hilfsmitteln darauf hinzuarbeiten, ein Product von großer Reinheit zu erzielen. Auch beim Eisen ist dies der Fall, soferne man andere Metalle, dann Schwefel und Phosphor daraus zu entfernen bestrebt ist. Dagegen enthält das den verschiedensten Zwecken dienende Eisen stets relativ größere oder geringere Mengen eines anderen Elementes, wodurch seine Eigenschaften bestimmt werden, es ist dies der Kohlenstoff. Chemisch reines Eisen ist eine Substanz,

Digitized by Google

Der Erzberg bei Eisenerz.

Digitized by Google

mit welcher unsere Eisentechniker recht wenig anzufangen wüßten. Es ist nicht nur schwierig darstellbar und deshalb auch sehr theuer, sondern es läßt sich auch sehr schwer schmelzen und seine Festigkeit ist gering.

Enthält dagegen das Eisen Kohlenstoff, so nimmt es jene Eigenschaften an, welche es zum wichtigsten aller Metalle machten, und die drei bekannten Eisensorten: das Roheisen, der Stahl und das Schmiedeeisen sind nichts anderes als Verbindungen des Eisens mit welchselnden Mengen Kohlenstoff. Denn während das Roheisen 2·3 bis 5% Kohlenstoff enthält, sind im Stahle nur 0·6 bis 2·3, im Schmiedeeisen 0·04 bis 0·6% Kohlenstoff enthalten.

Gewinnung von Eisen durch afrikanische Neger.

Um aus den Eisenerzen das Eisen abzuscheiden, werden sie durch Kohle reducirt. Es ist dies genau der gleiche Proceß, der schon seit alten Zeiten zur Darstellung des Eisens angewendet wird, nur die Behelfe haben sich geändert. An Stelle der einfachen Oefen und Gebläse, wie sie anfänglich verwendet wurden und bei den Wilden Afrikas noch heute im Gebrauche stehen, bedient man sich heute außerordentlich vervollkommneter und mitunter in gewaltigem Maßstabe ausgeführter Einrichtungen, der sogenannten Hochöfen. Es sind dies hohe Schachtöfen, welche von oben abwechselnd mit dem Erze und mit Kohle beschickt werden. In den unteren Theil des Ofens wird comprimirte Luft eingeblasen, um eine entsprechend hohe Temperatur zu erzielen. Zunächst entsteht durch die vollständige Verbrennung des

Digitized by Google

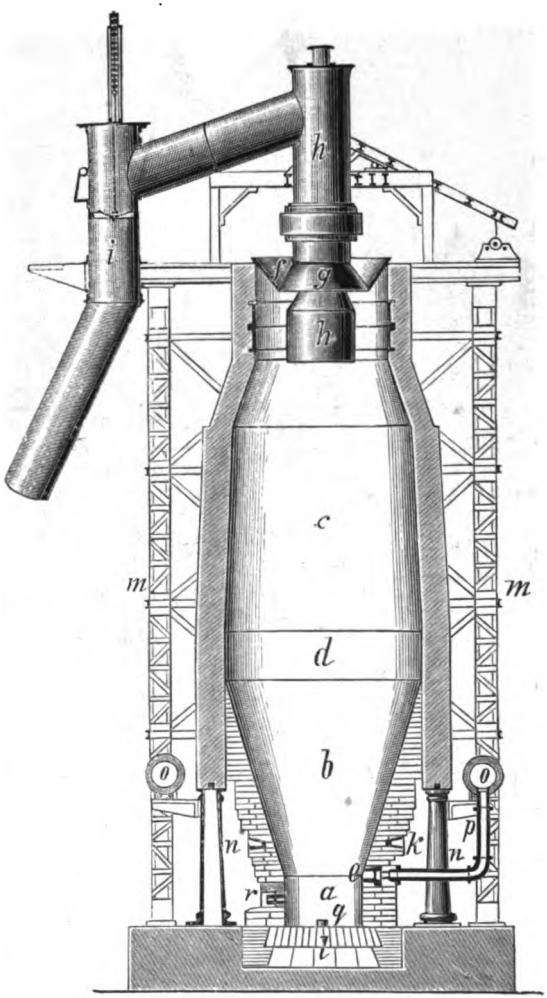
Hochofenanlage mit dem Arbeitsplatz der Hochofenschmiede in der Königshütte (Preußisch-Schlesien).

Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

Digitized by Google

Kohlenstoffes Kohlensäure. In Berührung mit glühender Kohle giebt sie an diese Sauerstoff ab und es entsteht Kohlenoxydgas, welches nun wieder das Bestreben besitzt, Sauerstoff aufzunehmen. Trifft das Kohlenoxydgas mit dem Erze zusammen, so entzieht es diesem Sauerstoff und reducirt es zu schwammigem Eisen, welches in den noch ungeschmolzenen erdigen Beimengungen, welche später die Schlacke bilden, vertheilt bleibt. Dieser Vorgang spielt sich in einer verhältnismäßig kälteren und höher gelegenen Partie des Ofens ab, deren Temperatur, je nach der Beschaffenheit der Erze, zwischen 600 und 900° liegt.



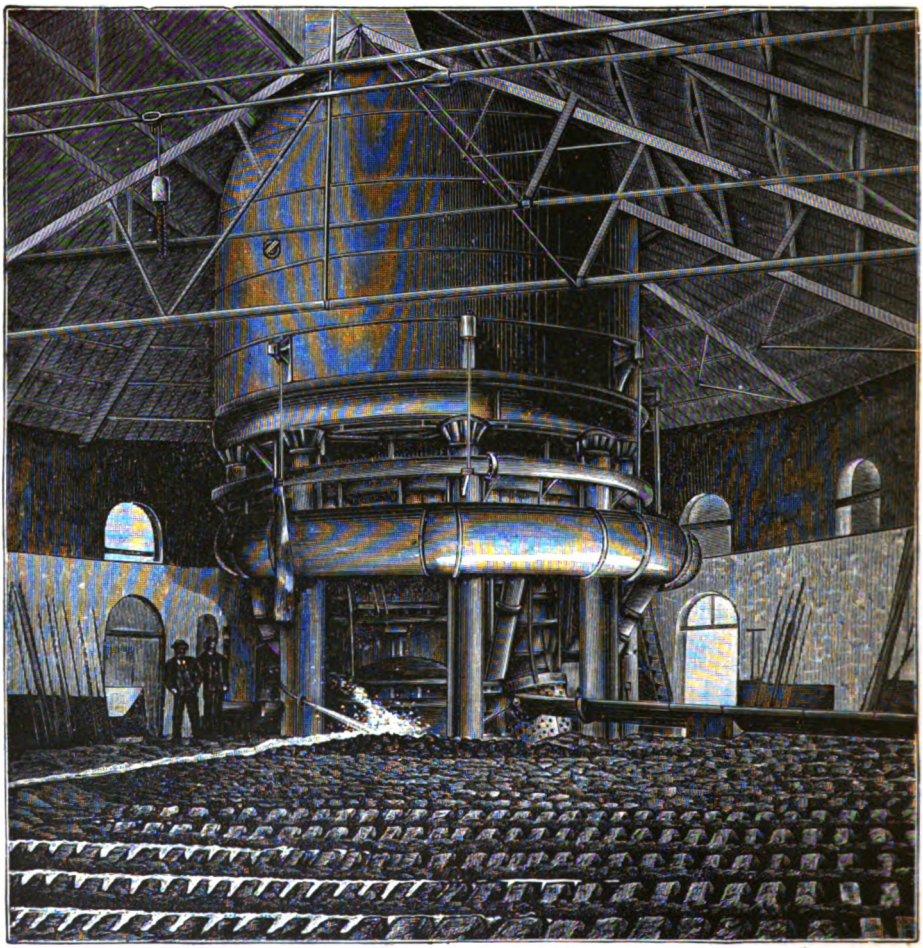
Hochofen. (Schema.)

Das nun schon metallisches Eisen enthaltende Material gelangt nach und nach in eine heißere Zone, in welcher die Temperatur circa 1000° beträgt. Hier sättigt sich das fein vertheilte Eisen mit Kohlenstoff, endlich schmilzt es im unteren, heißesten Theile des Ofens, in welchem der Gebläsewind eintritt. Aber auch die erdigen Bestandtheile des Erzes, die Schlacke, schmilzt, und sie umhüllt nun das Eisen, und schützt es vor der Oxydation durch die Gebläseluft.

Der Innenraum moderner Hochöfen besitzt im Großen und Ganzen die Gestalt zweier sehr spitzer, mit ihren Grundflächen zusammenstoßender Kegel, der unterste, cylindrisch geformte Theil a heißt das Gestell. In dieses Gestell münden 1·5 m über dem Boden die Windzuführungsröhren oder Formen e. Legt man durch diese Röhren eine horizontale Ebene, die Formenebene, so theilt sie das Gestell in das Untergestell oder den Eisenkasten und in das Obergestell. Im Eisenkasten sammelt sich das flüssige Roheisen und die Schlacke an, im Obergestell verbrennt das Feuerungsmaterial und findet der Schmelzproceß statt.

Digitized by Google

Der auf dem Gestelle aufsitzende Kegel b wird die Rast genannt. Die breiteste Stelle des Hochofens bildet der Kohlensack d, an welchem die Rast und der eigentliche Schacht c zusammenstoßen. Der oberste Theil, der zunächst in einem stumpfen Kegel und schließlich in einen Cylinder übergeht, heißt die Gicht.



Der untere Theil eines amerikanischen Hochofens.

Die alten Hochöfen waren oben offen, und die abziehenden Gase, die sogenannten Gichtgase, entwichen, wobei das Kohlenoxyd verbrannte. Von dieser Verschwendung an Brennmaterial ist man schon lange abgekommen, man verschließt die Gichtöffnung durch besondere Vorrichtungen, welche das Auffangen der Gichtgase gestatten. Diese repräsentiren fast zwei Fünftel des angewendeten Brennmateriales,

Digitized by Google

und werden zu dessen Ausnützung nach dem Orte ihrer weiteren Verwendung abgeleitet.

Diesem Zwecke dienen die Gasfänge mit dem Fülltrichter f und dem Kegel k. Wird der Fülltrichter gesenkt, so wird um den Kegelrand herum ein Spalt frei, durch welchen die Beschickung des Hochofens herabzugleiten vermag. Die Gase strömen durch das Rohr h in die Leitung i ab.

Der unterste Theil des Gestelles, der Herdraum, ist durch die Herdplatte abgeschlossen. Bei den älteren Hochöfen fließt die im Herdraume auf dem geschmolzenen Eisen sich ansammelnde Schlacke continuirlich über den den Herd nach vorne begrenzenden „Wallstein" ab. Heute wendet man an Stelle dieser Oefen „mit offener Brust" allgemein solche mit geschlossener Brust an, hier fließt die Schlacke durch ein in das Mauerwerk eingelassenes Bronzerohr, welches doppelwandig ist und durch Wasser gekühlt wird, ab. Dadurch werden verschiedene Vortheile erreicht, besonders erhält sich der Herd wärmer und frei von Ansätzen.

Das Gestell der älteren Oefen wurde aus Sandstein oder aus feuerfestem Thone verfertigt. Jetzt mauert man die Gestelle ziemlich dünnwandig aus Chamotteziegeln auf, armirt sie mit starken Eisenringen und kühlt sie durch fließendes Wasser ab. Um auch die Schachtwände durch die sie umspülende Luft zu kühlen, hüllt man sie nicht mehr in einen dicken Mauerkörper, das Rauchgemäuer, ein, sondern man legt sie frei und macht sie so dünn als möglich. Durch den Wegfall des Rauchgemäuers verlor aber der Schacht seine Stütze gegen das Auseinandertreiben durch die Hitze und den Druck der Füllung. Man versteift ihn daher durch zahlreiche eiserne Bänder und umgiebt ihn mit einem Blechmantel.

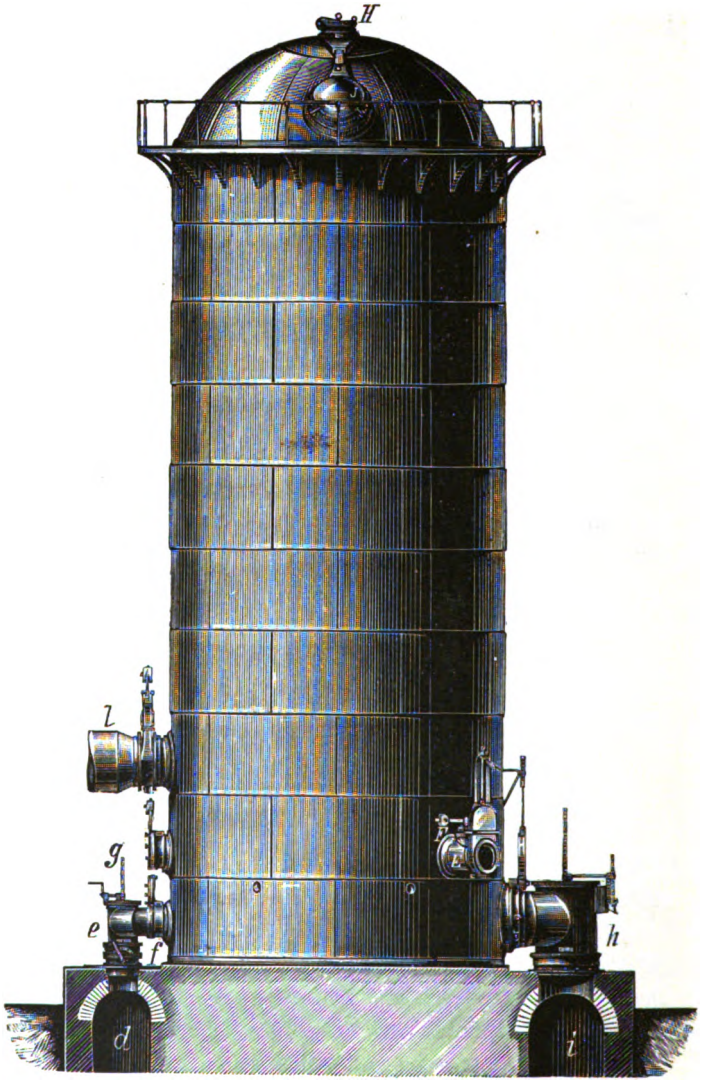
Die Beschickung eines Hochofens geschieht in der Weise, daß durch die Gicht abwechselnd Chargen von Erz und Brennmaterial eingestürzt werden. Das Erz muß jedoch derart beschaffen sein, daß es nicht nur eine den Proceß lohnende Menge Eisen, sondern auch die zu dessen Schutz unumgänglich nöthige Schlacke liefert. Hat das Erz nicht von Natur aus schon eine solche Beschaffenheit und Zusammensetzung, so muß sie durch verschiedene Zusätze künstlich hervorgerufen werden; der Hüttenmann bezeichnet diesen Vorgang als das „Gattiren" oder „Möllern".

Als Brennmaterial wurde früher zum Hochofenbetriebe ausschließlich Holzkohle verwendet. Mit der stetig zunehmenden Werthsteigerung jedoch, welche das Holz erfährt, wurde auch die Holzkohle immer theuerer und man war daher bestrebt, für diese einen passenden Ersatz zu finden. Das nächstliegende Material wäre natürlich die Steinkohle, doch ist diese nur ganz ausnahmsweise zum Betriebe der Hochöfen tauglich.

Ein vortreffliches Product sind jedoch die Coaks, und von dem Augenblicke an, in welchem man die Coaks allgemein im Hochofenbetriebe anzuwenden begann, erfuhr die Roheisenproduction einen bedeutenden Aufschwung. Da die Coaks bedeutend härter sind als die Holzkohle, konnte man auch die Hochöfen höher und größer anlegen, und dadurch wurde auch die Leistung wesentlich gesteigert. Während beispielsweise vor hundert Jahren mit Holzkohle beschickte Hochöfen in 24 Stunden

Digitized by Google

nur 3 bis 4 Tonnen Roheisen lieferten, erzeugt ein moderner großer Hochofen in der gleichen Zeit 250 Tonnen und darüber.

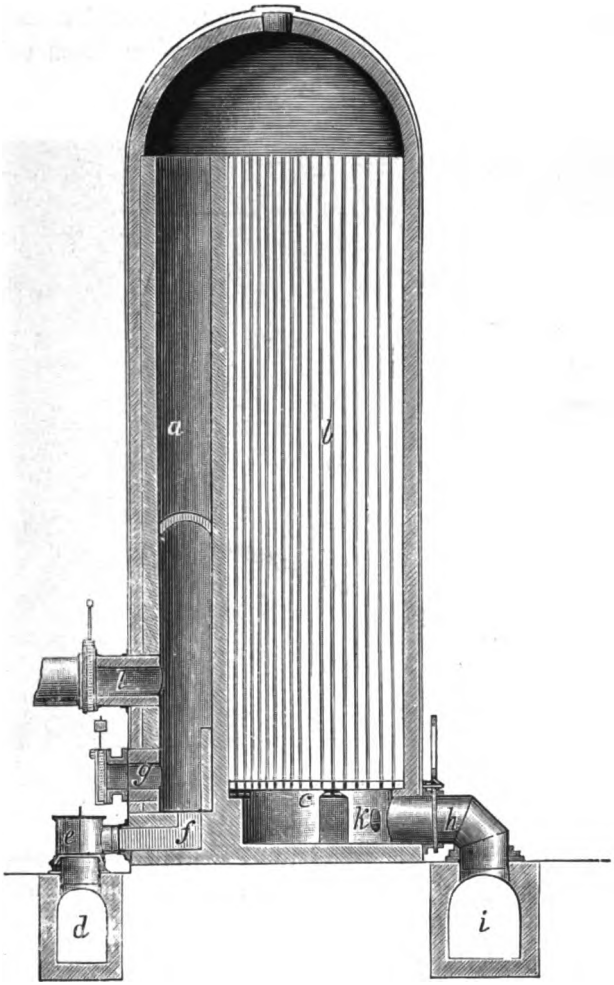



Cowper'scher Winderhitzer.

Außer dem Erze, den Zuschlägen, welche die Schlacke bilden, und dem Brennmaterial spielt beim Hochofenbetriebe auch die Luft oder richtiger der Sauerstoff eine große Rolle. Wie wir schon gesehen haben, können die Hochöfen jedoch nicht nach dem Principe eines gewöhnlichen Ofens construirt werden, bei welchem einzig

Digitized by Google

und allein durch den Temperaturunterschied frische Luft zu der Verbrennungsstelle gesogen wird, sondern hier muß die Luft in den Ofen gepreßt, „geblasen“ werden. Dies geschieht durch besondere Vorrichtungen, die Gebläse. Es sind dies doppeltwirkende Luftpumpen, in deren Cylinder der hin und her gehende Kolben abwechselnd auf der einen Seite Luft einsaugt, während er sie auf der anderen Seite zunächst zusammenpreßt und schließlich in die Rohre drückt, welche sie dem Ofen zuführen. Nur unter starkem Drucke stehend ist der „Wind“ befähigt, den bedeutenden Widerstand zu überwinden, welchen ihm die den Ofen füllenden Massen entgegensetzen.



Cowper'scher Winderhitzer. (Durchschnitt.)

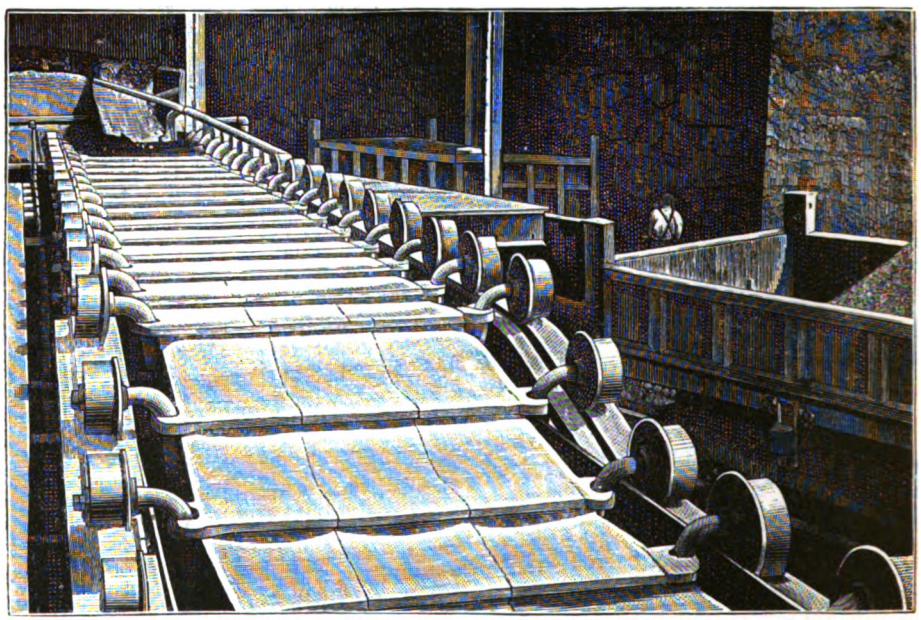
Die Leistungsfähigkeit eines Hochofens wird aber bedeutend gesteigert, wenn man den eintretenden Wind vorher erhitzt, so daß er nicht erst durch das Brennmaterial im Ofen selbst auf die erforderliche Temperatur gebracht zu werden braucht, und dabei natürlich dem Ofen Wärme entzieht. Man erreicht dies durch besondere Vorrichtungen, die Winderhitzer. Hier bespült die Gebläseluft Systeme von Wänden aus feuerfesten Steinen, welche glühend gemacht werden.

So besteht der Cowper'sche Winderhitzer aus einem entsprechend hohen, 6 bis 8 m im Durchmesser besitzenden Blechcylinder, der durch eine Kuppel geschlossen wird und im Inneren zwei Abtheilungen besitzt. Die kleinere derselben bildet den Verbrennungsschacht a, der andere, größere Raum ist bis unter die Kuppel durch zahlreiche dünne Wände in schornsteinartige Rohre b getheilt, unten ruhen die Röhren, deren

Digitized by Google

oft viele Hunderte vorhanden sind, auf einem eisernen Roste c oder kleinen steinernen Bögen auf.

Zur Erwärmung dieser Vorrichtung dienen gewöhnlich die Gichtgase. Sie treten durch den Canal d, den Ventilkasten e und die Schlitze f in den Verbrennungsschacht a ein, vereinigen sich bei g mit Luft und verbrennen dann. Die heißen Verbrennungsproducte steigen bis unter die Kuppel empor, senken sich durch die Röhren b und den Rost in den untersten Raum und strömen endlich durch das Knierohr h in den Schornsteincanal i ab.



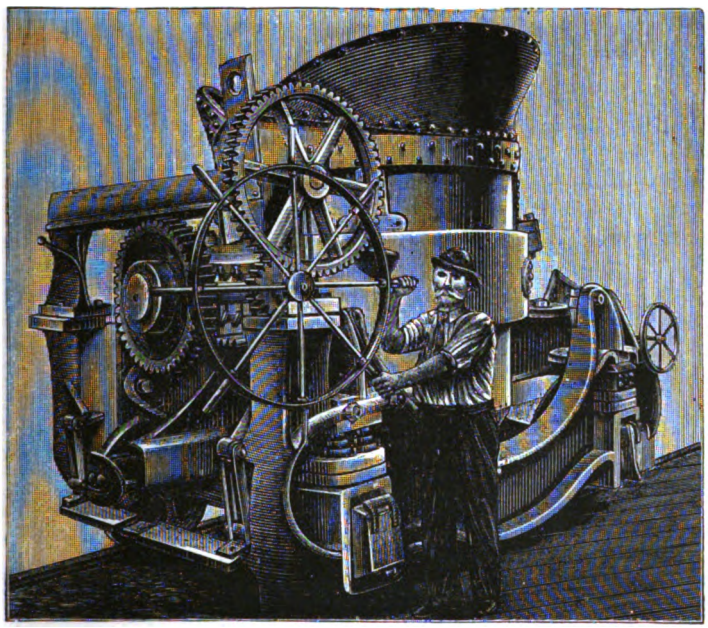
Howdon's Schlacken-Transportvorrichtung (Cambria Iron Co.).

Auf diese Weise erhitzt sich das Innere eines solchen Winderhitzers innerhalb einer Stunde auf 900 bis 1000°. Nach Ablauf dieser Zeit werden die Gichtgase nach einem zweiten, gleich construirten Winderhitzer geleitet, während man nun in den angeheizten Winderhitzer den von der Gebläsemaschine kommenden Wind eintreten läßt. Er durchstreicht diesen in der umgekehrten Richtung, wie die Gichtgase, erhitzt sich hier und tritt dann in den Hochofen ein. Wie wir sehen, haben wir hier also das gleiche Princip vor uns, welches den Siemens'schen Regeneratoren, die wir bei Besprechung der Glasöfen kennen lernten, eigenthümlich ist.

Das Anwärmen und die Inbetriebsetzung eines neuen Hochofens währt oft mehrere Wochen, da bei zu rascher und plötzlicher Erhitzung das Mauerwerk Schaden leiden würde. Ist aber einmal der richtige Schmelzgang erreicht, so vollziehen sich die verschiedenen Arbeiten — das Heben der Beschickung zur Gicht,

Digitized by Google

das Einstürzen in die Gicht, das Gichtsetzen, das Ablassen der Schlacke und endlich das Abstechen des angesammelten Eisens in die vorbereiteten Sand- oder Eisenformen — in regelmäßiger, sich Tag und Nacht, Woche für Woche gleichmäßig abspielender Weise, bis endlich Gebrechen am Ofen der Campagne ein Ende bereiten und das „Ausschmelzen" bedingen. Die Zeit, während welcher ein Hochofen in Betrieb steht, ist sehr verschieden und von vielen Umständen und selbst von Zufälligkeiten abhängig. Es sind jedoch Fälle bekannt, daß eine Campagne ohne Unterbrechung zwölf Jahre währte.



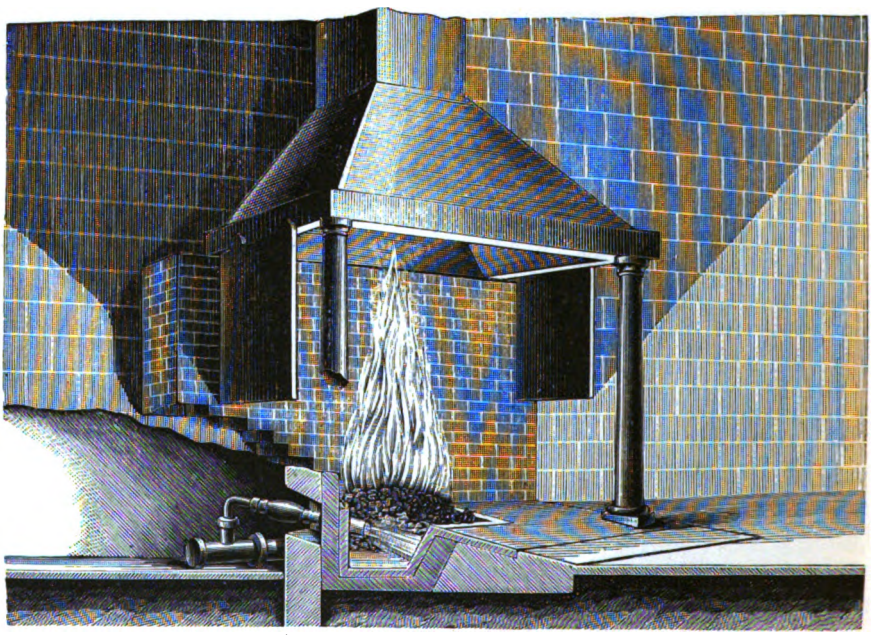
Gießpfannwagen.

Die Entnahme des erschmolzenen Eisens aus dem Hochofen, der Abstich wird gewöhnlich Früh und Abends, beim Wechsel der Tages- und Nachtschichten vorgenommen. Graues Roheisen — solches, welches nur einen Theil des Kohlenstoffes mit dem Eisen verbunden enthält, während der größere Theil sich während des Erkaltens als Graphit ausscheidet — fließt dabei ruhig, mit rothorange leuchtender Farbe in die Formen, während weißes Eisen — welches fast allen Kohlenstoff in chemischer Verbindung mit dem Eisen enthält — sternartige, leuchtende Funken sprüht und helles, weißes Licht entwickelt. Zwischen beiden steht das sogenannte „halbirte Eisen", ein Gemenge der beiden genannten Sorten, das in neuerer Zeit zum Guße von Hartwalzen und Eisenbahnrädern, Granaten und Panzerplatten ausgedehnte Verwendung findet. Kühlt nämlich solches halbirtes Eisen in den Gußformen rasch ab, so bleibt der Kohlenstoff chemisch mit dem Eisen ver-

Digitized by Google

bunden und das Gußstück umkleidet sich mit einer mehr oder minder starken Schicht von sehr hartem Weißeisen.

Auf die Beschaffenheit des Eisens nehmen außer dem Kohlenstoffe auch noch andere Elemente, besonders Mangan und Silicium, dann aber auch Phosphor und Schwefel einen bestimmten Einfluß. Das Silicium — jenes Element, welches in Verbindung mit Sauerstoff den Quarz bildet — nimmt das geschmolzene kohlenstoffhaltige Eisen aus der Hochofenschlacke und aus dem Materiale, aus welchem der Hochofen besteht, auf. Je höher nun der Gehalt des Eisens an Silicium ist,



Frischherd.

desto mehr Kohlenstoff wird beim Erkalten in Form von Graphit abgeschieden und desto ärmer wird das Eisen an gebundenem Kohlenstoffe.

Das Mangan beeinflußt hauptsächlich die Festigkeit des Eisens, und zwar in der Weise, daß ein zu hoher Mangangehalt nachtheilig wirkt. Andererseits verleiht ein mittlerer Gehalt (1·25 bis 1·5%) dem Eisen günstige Eigenschaften, er schützt beim Umschmelzen das Silicium vor dem Verbrennen, da das Mangan leichter und eher verbrennt; ein siliciumarmes Eisen ist spröde und hart.

Während aber Silicium und Mangan werthvolle Bestandtheile des Eisens sind, gehören Schwefel und Phosphor zu den schädlichen Beimengungen. Schon ein geringer Gehalt an Schwefel macht Schmiedeeisen und Stahl in der Rothglut brüchig und ein Gehalt des Eisens an Phosphor, der nur wenige tausendstel Procente beträgt, veranlaßt das „Kaltbrüchigwerden".

Digitized by Google

Um aus dem Roheisen schmiedbares Eisen darzustellen, muß ihm ein Theil des Kohlenstoffes entzogen werden. Es geschieht dies auf verschiedene Arten, die aber alle darauf hinausgehen, das Roheisen kohlenstoffärmer zu machen.

Beim Herdfrischen wird das Roheisen in einer mit Holzkohle gefüllten Herdgrube niedergeschmolzen, wobei die erforderliche Temperatur durch Einblasen von Luft hervorgerufen wird. Schon in dem Augenblicke, in welchem das geschmolzene Eisen den Gebläsewind passirt, wird ein Theil seines Kohlenstoffes verbrannt. Die Entkohlung wird aber meist auf der Sohle des Herdes durch stark eisenhaltige Schlacke vollendet, die durch Aufbringen von Hammerschlag oder von reinem Eisenerz gebildet wird. Dadurch wird das Eisen hart und unschmelzbar. Der Eisenklumpen wird nun herausgehoben und unter den Hammer gebracht, durch schwache, vorsichtige Schläge wird zunächst die Schlacke ausgetrieben, worauf man durch kräftigere Schläge den Klumpen in Frischeisen umwandelt. Da man zur Herstellung des Frischeisens meist nur sehr reines Roheisen anwendet und sich beim Frischen der Holzkohle als Brennmaterial bedient, erhält man ein vorzügliches zähes Product, welches bei nicht vollständiger Entkohlung einen trefflichen Stahl liefert. Die besten Eisensorten, wie sie beispielsweise zur Herstellung der Hufnägel dienen — einen guten Hufnagel vermag man 20- bis 30mal an derselben Stelle hin und her zu biegen, ehe er bricht — und die besten Stahlsorten, aus welchen die mit Recht so berühmten steierischen Sensen verfertigt werden, pflegt man durch den Frischproceß zu gewinnen.

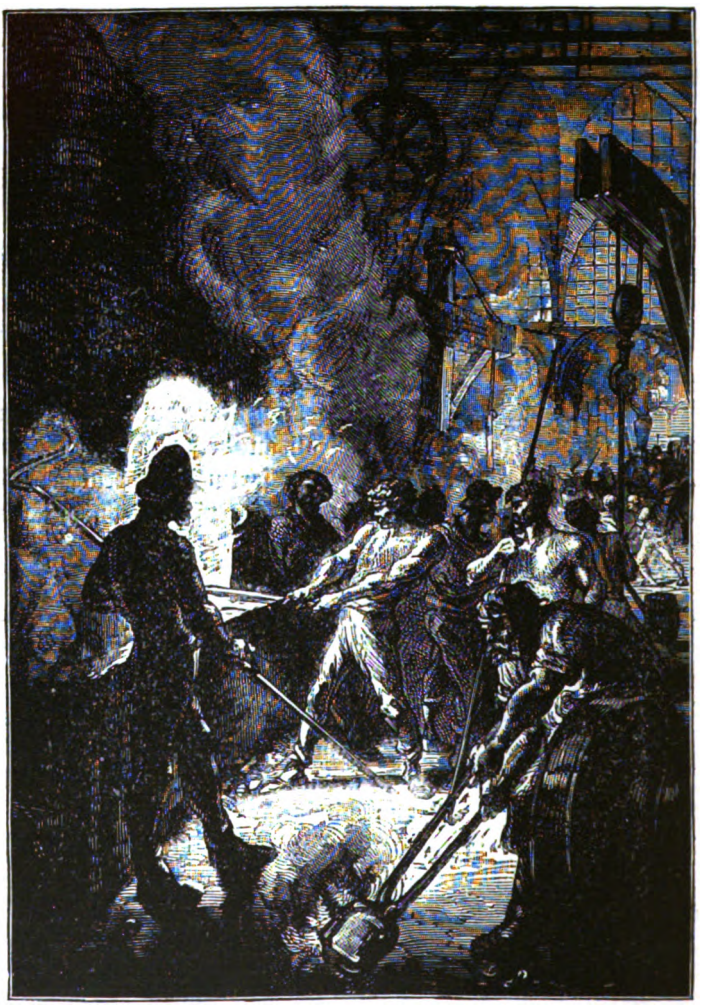
Das Frischeisen ist naturgemäß theuer und man vermag es auch nicht in jenen Massen zu liefern, deren die Technik bedarf. Dagegen gestattet es der von Cord im Jahre 1784 erfundene Puddelproceß, große Mengen Schmiedeeisen auf billige Weise zu erzeugen. Der Name dieses Verfahrens ist von dem englischen Worte puddle, zu deutsch Umrühren oder Mengen, abgeleitet und sehr gut gewählt, denn thatsächlich besteht das Wesentliche dieses Vorganges darin, daß man das Roheisen mit Hilfe mächtiger Steinkohlenflammen, die in einer besonderen Abtheilung des Herdes erzeugt werden, einschmilzt und es dann mittelst starker Rührstangen mit einer eisenreichen Schlacke, der Garschlacke, so lange mengt, bis die Entkohlung beendet ist.

Das Puddeln wird in der folgenden Weise vorgenommen. In den auf eine hohe Temperatur erhitzten Ofen, in welchem vom letzten Processe noch eine gewisse Menge Schlacke verblieben ist, werden etwa 300 kg Roheisen eingesetzt und bei geschlossener Thür unter lebhaftem Feuer zum Schmelzen gebracht. Dabei findet eine theilweise Oxydation des Eisens statt, gleichzeitig verbrennt das im Roheisen enthaltene Silicium zu Kieselsäure. Nun legt sich aber die Schlacke auf das schmelzende Eisen und es würde dadurch die Wirkung des Sauerstoffes auf den Kohlenstoff des Eisens verhindert werden, wenn der Puddler nicht gleichzeitig mit einem Rührhaken die Schmelzmasse in Bewegung erhielte. Es verbrennt nun auch das Mangan und ein Theil des Eisens, endlich kommt der Kohlenstoff an die Reihe, man erkennt dies an den blauen Flammen, von verbrennendem Kohlenoxydgase herrührend, welche aus der Schlacke züngeln.



Digitized by Google

In diesem Stadium befindet sich die ganze Masse in kochender Wallung und die Schlacke beginnt durch die Arbeitsthür abzufließen. Die Temperatur steigt immer höher, und nun schreitet auch die Entkohlung rasch vorwärts. Endlich tritt



Puddelofen.

der Moment ein, wo das Eisen zu erstarren beginnt nnd damit hat die Möglichkeit umzurühren ihr Ende gefunden.

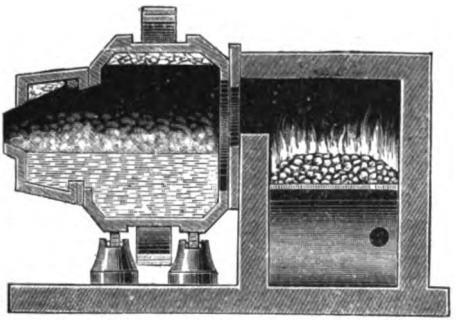
Die Entkohlung ist jedoch noch nicht vollständig beendet und der Puddler nimmt jetzt das „Aufbrechen" und „Umsetzen" vor. Er vertauscht den Rührhaken mit einer starken Brechzange, der „Spitze" und zerbricht mit dieser die Klumpen,

Digitized by Google

was eventuell mehrmals wiederholt wird. Zuletzt wird jedes der Stücke so lange im Herde hin und her gerollt, bis es sich der Kugelgestalt genähert hat, gleichzeitig werden dabei die kleineren, im Herde herumliegenden Eisenmengen mit den größeren Eisenballen vereint.

Diese größeren Eisenklumpen werden „Luppen" genannt. Sie werden dem Ofen entnommen und unter den Hammer gebracht, der durch sanfte Schläge und durch Quetschen die Schlacke, welche noch die Masse durchsetzt, auspreßt. Schließlich formt man durch kunstgerechtes Drehen und Wenden des Klumpens vierseitige, prismatische Stücke, welche dann in das Walzwerk gehen.

Das Puddeln ist eine der anstrengendsten Arbeiten im Hüttenbetriebe. Die Arbeiter leiden nicht nur unter der strahlenden Wärme, sondern es werden an ihre Kraft und Geschicklichkeit auch bedeutende Anforderungen gestellt. Man war daher, und nicht ohne Erfolg, bestrebt, den Haupttheil der Arbeit der Maschine aufzubürden. Dies erreichte man durch Construction rotirender Puddelöfen, wodurch eine innige Mischung von Eisen und Schlacke gelingt. Doch wurde mit Recht bemerkt, daß man „den maschinellen Vorrichtungen nicht auch den Verstand des Puddlers einflößen kann".



Rotirender Puddelofen.

Das werthvollste und wichtigste Glied der Eisenfamilie ist unstreitig der Stahl, jene Eisensorte, welche etwas mehr Kohlenstoff enthält als das Schmiedeeisen, aber weniger als das Roheisen. Während die Stahlsorten mit geringem Kohlenstoffgehalte in Bezug auf ihre Schmiede- und Schweißbarkeit noch dem Schmiedeeisen ähnlich sind, entbehren die kohlenstoffreichen der Schweißbarkeit, sind aber leichter zu schmelzen. Zwischen dem kohlenstoffreichsten, dem „wilden" Stahl und dem weißen Roheisen kann kaum eine bestimmte Grenze gezogen werden.

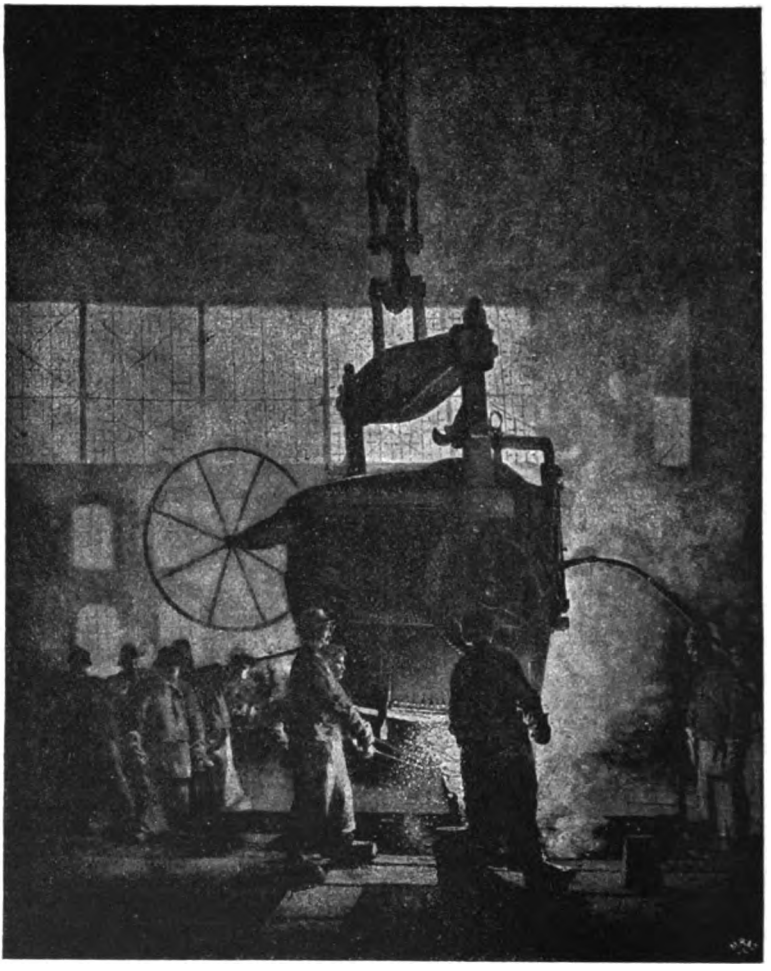
Guter Stahl darf keine schädlichen Beimengungen, wie Schwefel oder Phosphor, enthalten, da er sonst rothbrüchig oder kaltbrüchig wird. Wird diese Bedingung aber erfüllt, so kann man guten Stahl entweder aus dem Erze selbst oder durch Reduction und schwache Kohlung (Rennstahl) oder aus Roheisen durch Entziehung des überschüssigen Kohlenstoffes (Frischstahl, Puddelstahl, Bessemerstahl) oder aus dem Stabeisen durch Zufuhr von Kohlenstoff herstellen. Wird bei diesem Verfahren das Stabeisen nicht geschmolzen, sondern nimmt es den Kohlenstoff aus pulverförmiger Kohle auf, in welcher es längere Zeit glühend erhalten wird, so erhält man den vorzüglichen Cementstahl.

Die Herstellung des Cementstahles beruht auf der Eigenschaft des Eisens, bei höherer Temperatur bis zu einem gewissen Grade für Gase durchlässig zu



Digitized by Google

werden. Packt man also Stabeisen in Holzkohle ein und erhitzt man es längere Zeit (6 bis 8 Tage) in einem Flammenofen auf etwa 1000°, so wird das Eisen rothglühend und ein Theil des sich aus der Holzkohle entwickelnden Kohlenoxydgases wandert in das Eisen ein, wo sich der Kohlenstoff mit dem Eisen verbindet.



Gießen im Krupp'schen Martinstahlwerk IV. (Nach dem Gemälde von A. Montan.)

Umgekehrt kann man auch aus Roheisen Stahl erzeugen, indem man ihm Kohlenstoff entzieht. So wird der Glühstahl erhalten durch Einpacken und Erhitzen von Roheisen in Eisenoxyd. Das Eisenoxyd giebt dann an den im Ueberschusse vorhandenen Kohlenstoff Sauerstoff ab, wodurch dieser verbrannt wird.

Digitized by Google

Alle diese Cementationsprocesse sind jedoch mit dem Uebelstande behaftet, daß der erhaltene Stahl durchaus keine gleichmäßige Beschaffenheit besitzt, selbst beim Frisch- und Puddelstahle ist die Gleichmäßigkeit nur sehr schwer, wenn überhaupt zu erreichen. Man raffinirt deshalb den Rohstahl zu Feinstahl entweder durch den Gerbeproceß oder durch Umschmelzen in feuerfesten Tiegeln.

Das Gerben des Stahles geschieht in der Weise, daß die sogenannten Rohschienen zerschnitten, in Packete zusammengelegt und gestreckt werden. Dieser Vorgang wird solange wiederholt, bis das Material eine vollkommen gleichmäßige Beschaffenheit erlangt hat. Werden dabei zwischen die Stahlstäbe Stäbe aus weichem Eisen eingelegt und wird das Strecken nach gewissen Regeln unter gleichzeitigem Verdrehen und Zusammenwirken der Stäbe aufgeführt, so erhält man den sogenannten Damaststahl. Wird dieser blank gefeilt, und ätzt man solche Stellen mit Salpetersäure, so treten zierliche Zeichnungen hervor, in denen die Stahltheile weiß, die Weicheisentheile durch abgelagerten Kohlenstoff schwärzlich oder dunkler erscheinen.

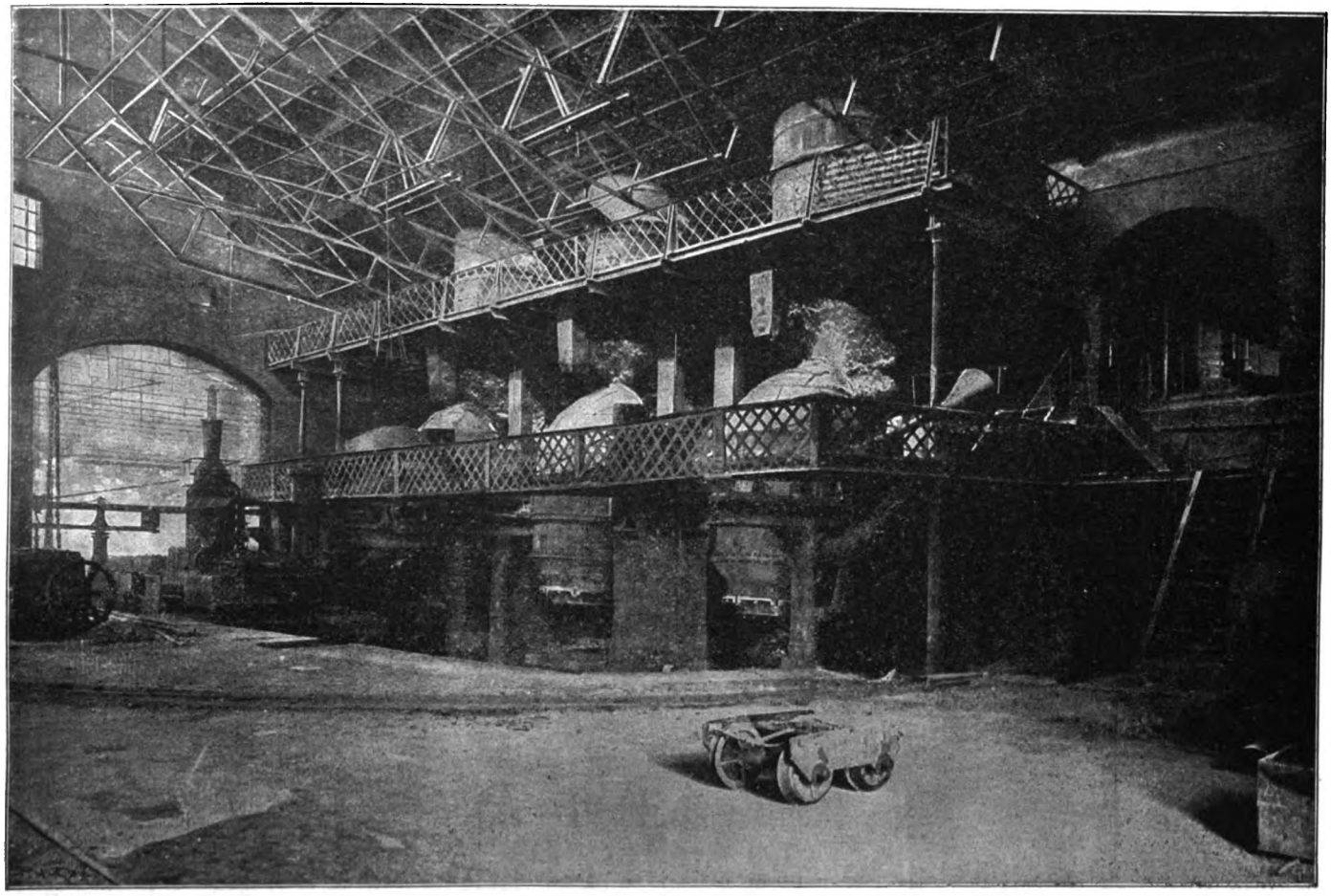
Wird ausgesuchtes Stahlmaterial in Tiegeln im Coaksfeuer umgeschmolzen, so erhält man den hochfeinen Gußstahl, welcher zur Anfertigung der besten Werkzeuge dient. Solcher Stahl wird aber auch zur Anfertigung großer Geschütze verwendet. Blöcke von 50.000 kg und darüber werden in Sandformen gegossen, und zwar aus einzelnen Tiegeln. Bedenkt man, daß ein solcher Tiegel nur 30 bis 40 kg Stahl zu fassen vermag, so erkennt man leicht, welche Unzahl von Tiegeln, Oefen und Arbeitern dazu gehört, um eines der modernen Riesengeschütze oder einen solchen Stahlblock aus einem Guße herzustellen. Denn während sich die Form füllt, darf das Eingießen des geschmolzenen Stahles nicht unterbrochen werden.

Die Erzeugung des Stahles durch Cementiren und Raffiniren in Tiegeln ist jedoch sehr kostspielig, und es war daher von der größten Bedeutung, als Verfahren erfunden wurden, welche die Erzeugung großer Mengen Stahl auf billige und verhältnismäßig einfache Weise ermöglichten.

Besonders der Bessemerproceß, im Jahre 1856 von H. Bessemer in England erfunden, rief eine wahre Revolution auf dem Gebiete der Stahlerzeugung hervor. Bessemer hatte sich vorgenommen, geschmolzenes Schmiedeeisen „ohne Brennmaterialverbrauch" zu erzeugen. Zu diesem Zwecke trieb er durch geschmolzenes Roheisen einen kräftigen Luftstrom, der durch zahlreiche Düsen in der ganzen Masse vertheilt wurde. Dabei verbrannte das Silicium, die Kohle und ein Theil des Eisens unter so beträchtlicher Wärmeentwickelung, daß das hinterbleibende reine Schmiedeeisen dünnflüssig einschmolz, was bis dahin im Großen nie gelang. Leider zeigte sich aber das Product grobkörnig krystallinisch und zerbrach sehr leicht. Das Eisen war eben, wie man es vorher schon bei unvorsichtigem Schmieden beobachtet hatte, gründlich „verbrannt".

Erst als Bessemer nur das reinste, siliciumreichste Roheisen anwendete, und durch die geschmolzene Masse nur so lange Luft preßte, daß noch etwas Kohlenstoff zurückblieb, oder indem er das fertige Eisen durch Zugabe von Spiegeleisen wieder mit Kohlenstoff bereicherte, erhielt er das so überaus wichtige Bessemer-

Digitized by Google



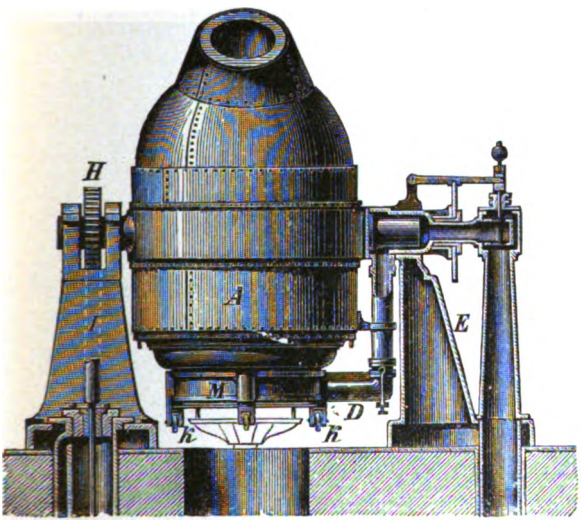
Bessemeranlage der Königshütte (Preußisch-Schlesien).

Digitized by Google

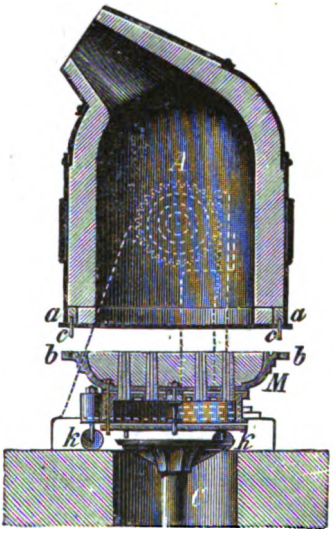
metall. Da es nach Belieben gekohlt werden kann, ist es gestattet, ebenso gut von „Bessemereisen" wie von „Bessemerstahl" zu sprechen. Ebenso ist aber auch die Bezeichnung „Flußeisen" am Platze, da hier in der That geflossenes Eisen erzeugt wird, während die sonstigen Eisensorten durch Zusammenschweißen einzelner Körnchen erhalten werden.

Zur Ausführung des Bessemerprocesses wird flüssiges Roheisen benöthigt. Man erschmilzt es daher entweder in einem mit dem Bessemerwerke in Zusammenhange stehenden Hochofen, oder aber in niederen Schachtöfen, in sogenannten Cupolöfen.

Eine Bessemeranlage erfordert einen gewaltigen, complicirten Apparat. Es müssen hier bedeutende Massen geschmolzenen Eisens rasch und sicher bewegt werden,




Bessemerbirne.




Bessemerbirne im Durchschnitte.

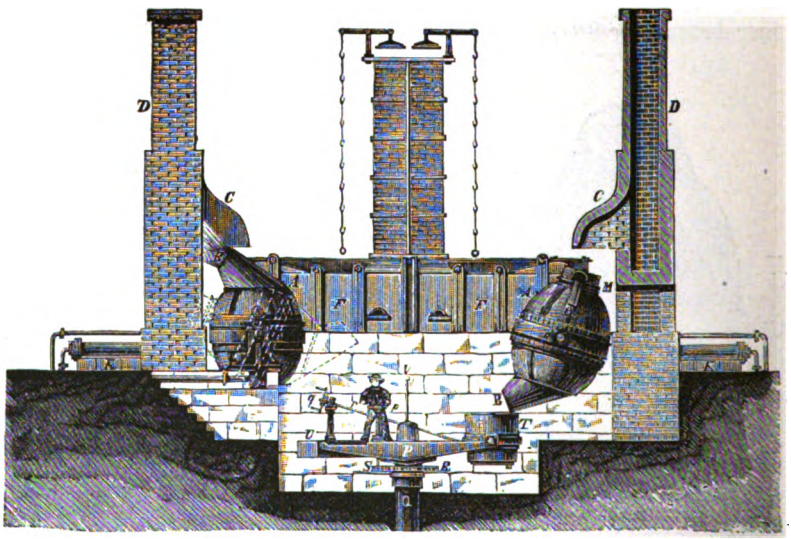
überhaupt ist der Bessemerproceß ein Verfahren, das ausschließlich für die Massenproduction bestimmt ist.

Der Bessemerapparat besteht aus der „Birne" oder dem „Converter", dem Gerüste, welches sie trägt, und dem Gebläse. Die Converter sind aus zwei Stücken zusammengesetzt. Das untere derselben M ist ein beckenförmiges Gefäß aus Gußeisen, welches die Düsen, durch welche die Luft einströmt, enthält, diese werden von dem Windkasten umschlossen. Im Inneren ist dieses Stück mit feuerfestem Thone ausgekleidet, durch hydraulische Pressung wird es durch den Kolben C an den unteren Rand der Retorte A angepreßt. Um einen festen Verschluß zu erzielen, sind die Eisenringe a und b vorhanden, welche durch die Bolzen c unter Anwendung eines geeigneten Kittes fest aneinander gedrückt werden. Die Rädchen k sind nach allen Seiten frei beweglich und haben den Zweck, den Boden der Retorte,

Digitized by Google

welcher am meisten mitgenommen wird, leicht ab- und zuführen und auswechseln zu können. An der einen Seite des Windkastens befindet sich das Rohr D, an welches sich das Windrohr anschließt.

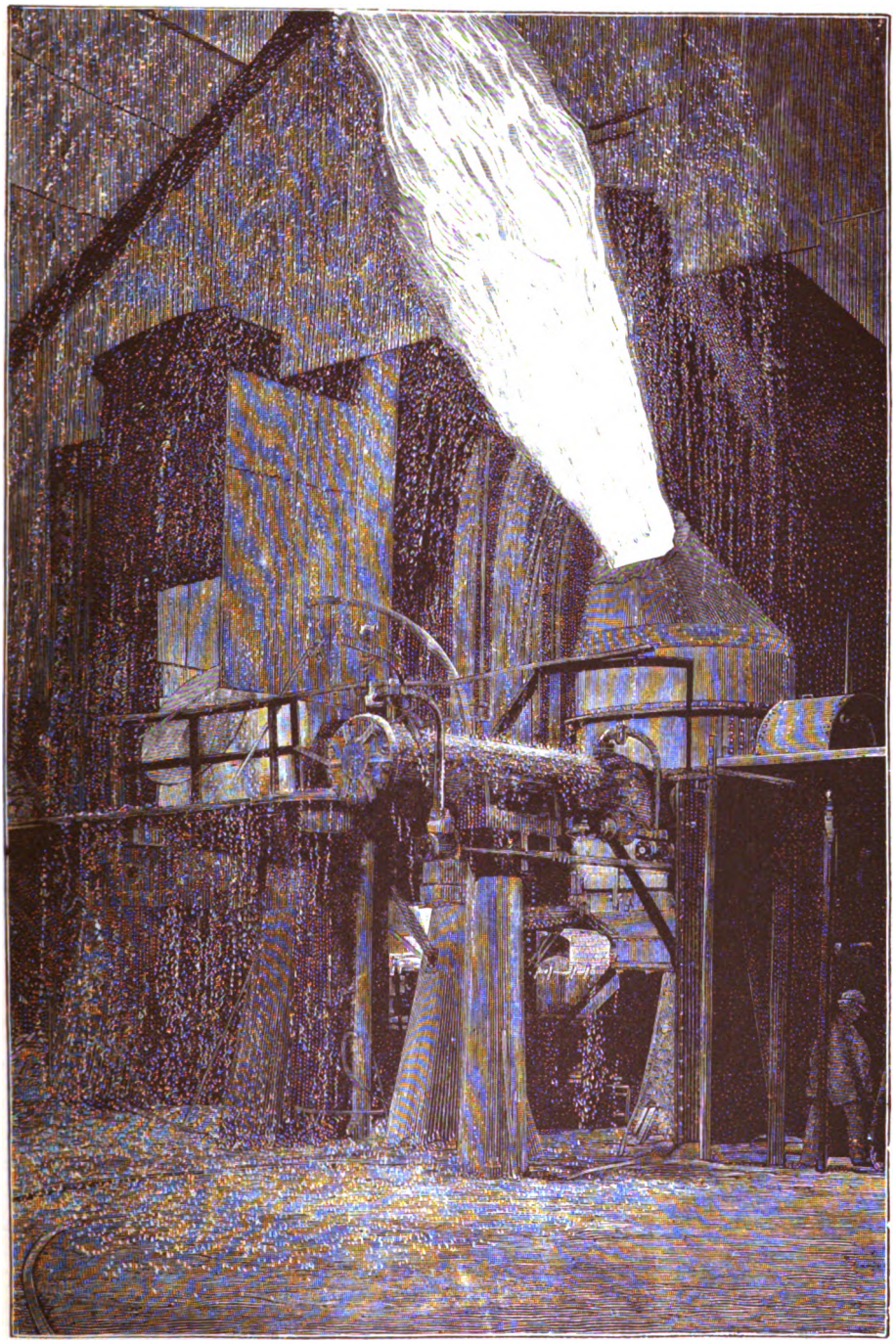
Die Birne selbst wird aus starkem Kesselbleche verfertigt und im Inneren mit feuerfestem Materiale ausgekleidet. Sie hängt an zwei Zapfen, um welche sie durch das Zahnrad H oder mittelst einer von einer Dampfmaschine getriebenen Schnecke um wenigstens drei Viertel eines Kreises gedreht werden kann. Dies ist erforderlich, um sie füllen und entleeren zu können.




Schematische Darstellung einer Bessemeranlage.
A Bessemerbirnen (Converter). B Mündungen der Converter. C Essen für die Converter. D Schlotte. F Cupolöfen. P Gußpfanne. T Ingotsform.

Zunächst wird die Birne horizontal gestellt und durch eine Rinne mit der Abstichöffnung des Hochofens oder des Cupolofens verbunden. Man läßt nun das geschmolzene Roheisen in die Birne fließen, gleichzeitig beginnt das Gebläse zu arbeiten und sobald der Wind 1 Atmosphäre Spannung erreicht hat, richtet man die Birne plötzlich auf. Jetzt beginnt — da nun Sauerstoff zugeführt wird — der Kohlenstoff des Roheisens zu verbrennen, und die dadurch erzeugte Hitze (1800 bis 2000°) genügt, um die Eisenmasse während der Dauer des Processes geschmolzen zu erhalten, es ist also kein Brennmaterial erforderlich. Nach etwa 10 bis 45 Minuten, mitunter noch früher, ist der Kohlenstoff verbrannt, und die Birne würde eine werthlose Eisensorte enthalten, wenn man jetzt nicht neuerdings Roheisen zugeben würde. Die Menge dieses Zusatzes wird so berechnet, daß der nun im Roheisen zugesetzte Kohlenstoff genügt, es in Stahl zu verwandeln. Gleichzeitig

Digitized by Google



Amerikanisches Bessemerwerk.

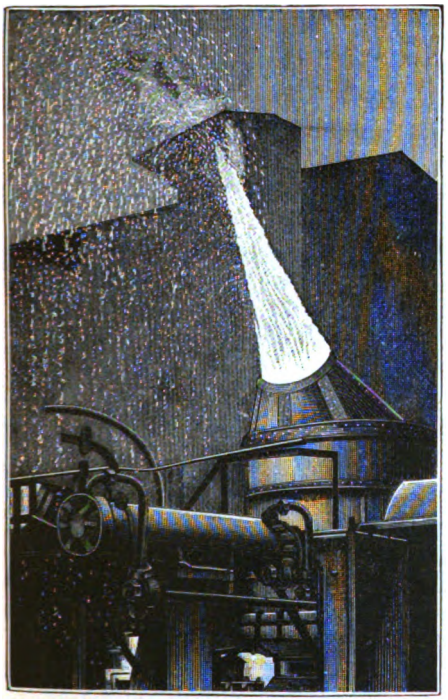
Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

Digitized by Google

wählt man aber als Zugabe zur „Rückkohlung“ ein manganreiches Eisen, wodurch der Proceß günstig beeinflußt wird.

Durch die auftretenden Feuererscheinungen gewährt der Bessemerproceß einen unvergleichlich schönen Anblick, ebenso aber auch durch die Eleganz und Leichtigkeit, mit welcher sich die Bewegungen, das Heben und Senken der Birne, das Füllen und Entleeren derselben vollzieht. Unter starker Wärmeentwickelung verbrennen zunächst Kohlenstoff, Silicium und Mangan und es entsteht eine kiesel-



Bessemerproceß bei Beginn.

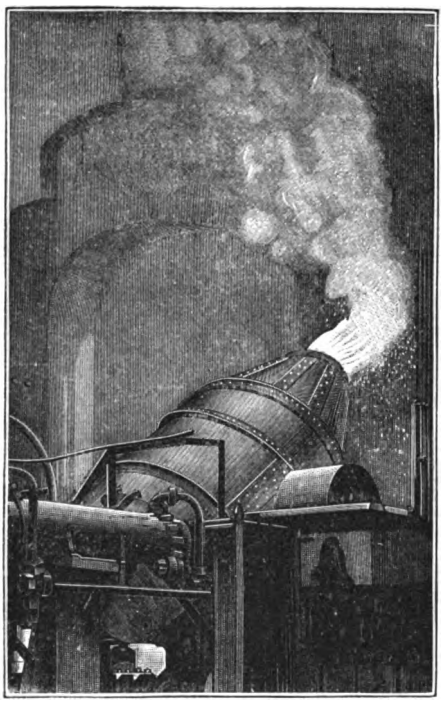
Bessemerproceß am Schlusse des Entkohlens.

säurereiche Schlacke, welche die Kieselsäure der Thonbekleidung der Birne entnimmt. Wenn diese erste Periode beendet ist, zeigt sich am Halse der Birne eine gespitzte orangegelbe Flamme mit blauen Streifen und blauem Saume. Sodann tritt die Kochperiode ein, indem die eisenoxydhaltige Schlacke den Kohlenstoff des gefeinten Eisens unter Aufwallen und Bildung von Kohlenoxyd oxydirt. Dabei werden Schlacken und Eisentheilchen aus dem Halse der Birne geworfen und eine stark leuchtende, stoßweise flackernde, mit Theilchen brennenden Eisens untermischte Flamme tritt auf, welche immer reichlicher Sternchen und Funken brennenden Eisens entwickelt und schließlich erlischt.

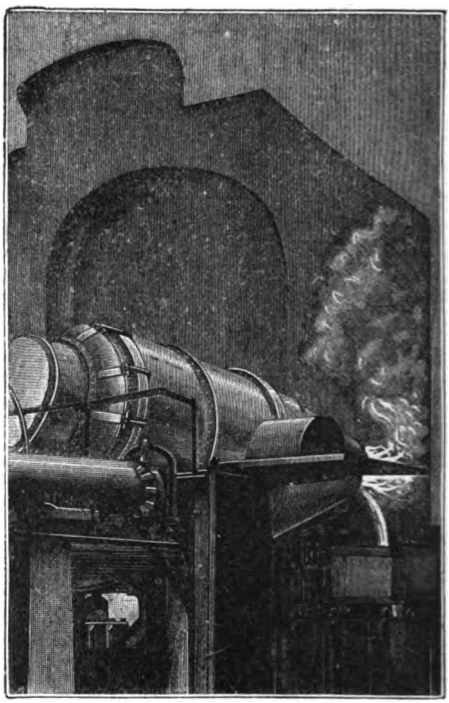
Digitized by Google

Nun wird die Birne geneigt und das Metall und die Schlacke auf ihre Beschaffenheit geprüft. Die Metallkörnchen müssen sich leicht abplatten lassen, die Schlacke besitzt eine braungelbe Farbe mit schwarzer glänzender Oberfläche. Dann wird, wie erwähnt, neuerdings Eisen zugegeben, einen Augenblick lang zur Mischung aufgerichtet, wobei das Gebläse wieder angelassen wird, und endlich der blau leuchtende Metallstrom durch weiteres Neigen der Birne in die Gußpfanne entleert.

Um genau das Ende der Entkohlung beobachten zu können, bedient man sich des Spectroskopes. Da mit Beginn der Verbrennung des Kohlenstoffes im



Bessemerproceß, Kippen der Birne.



Bessemerproceß, Füllung der Ingots.

Spectroskop mehrere Gruppen hellleuchtender grüner, von verbrennendem Mangan herrührende Linien auftreten, deren Verschwinden mit der Beendigung der Entkohlung zusammenfällt, gestattet dieses wichtige Hilfsmittel des Chemikers das Ende des Processes genau festzustellen.

Die Handhabung des Bessemerapparates, das Neigen und Aufrichten des Converters, das Anlassen des Gebläses ꝛc. geschieht von einem erhöhten Podium aus, wo ein einziger Vorarbeiter die verschiedenen Ventile einer Wasserdruckvorrichtung öffnet und schließt. Dadurch vollzieht sich der Vorgang mit großer Ruhe, Sicherheit und Eleganz, und man vergißt, welch gewaltige Masse hier scheinbar

Digitized by Google

spielend bewegt werden. In ihrer Gesammtheit, wie in jedem Detail ist eine Bessermeranlage ein Wunderwerk der Technik der Jetztzeit.

Die Blasedauer der einzelnen Chargen richtet sich nach der Beschaffenheit des Roheisens, besonders nach seinem Gehalte an Silicium und Mangan und schwankt zwischen 7 und 20 Minuten. Es können also mit einem Converterpaare in 24 Stunden 40 bis 60 Chargen gemacht werden. Da aber jede Charge 10 bis 20 Tonnen beträgt, wird eine geradezu enorme Eisenmenge bewältigt.

Der Bessermerproceß in seiner ursprünglichen Form gestattet aber nicht, aus jedem Roheisen einen guten Stahl zu erzeugen. Er eignet sich nur zur Verarbeitung sehr phosphorarmer Erze, da der Phosphor nach diesem Verfahren nicht verbrannt wird, und phosphorhaltiger Stahl, wie wir wissen, kaltbrüchig ist.

Im ersten Augenblicke mag es vielleicht sonderbar erscheinen, daß es bei dem geschilderten Bessermerprocesse nicht gelingt, den Phosphor unschädlich zu machen, während beim Puddeln und Herdfrischen aus phosphorreichem Roheisen doch ein vorzügliches Product erhalten wird. Das Hindernis liegt aber nicht in der Construction der Birne oder am Verfahren selbst, sondern in der Schlacke. Der Phosphor verbrennt nämlich unter bedeutender Wärmeentwickelung zu Phosphorsäure, diese bleibt jedoch frei, da das Futter der Birne aus kieselsäurereichem Materiale besteht und die Kieselsäure aus ihren Verbindungen nicht durch Phosphorsäure verdrängt wird. Die Phosphorsäure kommt daher immer wieder mit Eisen in Berührung und wird dabei neuerdings zu Phosphor reducirt, so daß dieser im Eisen verbleibt und nicht zur Abscheidung gelangt.

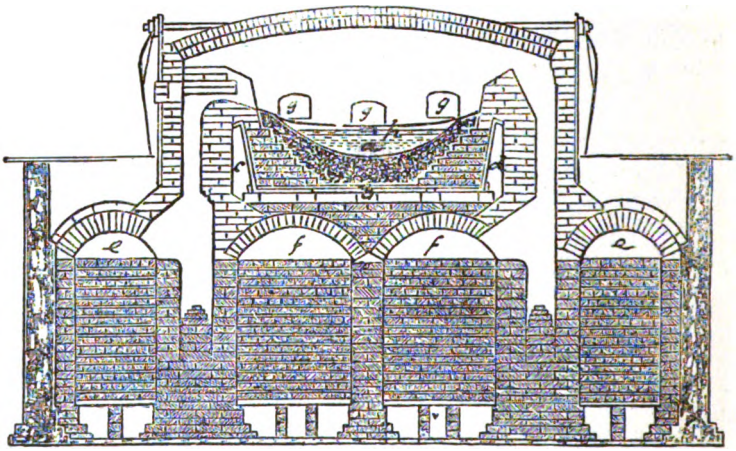
Diesem Uebelstande wurde jedoch durch die Erfindung von Thomas und Gilchrist, durch den sogenannten basischen oder Thomasproceß in ebenso einfacher als genialer Weise abgeholfen. Während nämlich Bessemer den Converter mit kieselsäurereichen, sauren Materialien auskleidete, wendeten Thomas und Gilchrist ein basisches Futter, welches aus Magnesit oder Dolomit hergestellt wird, an. Ferner wird jeder Charge noch eine beträchtliche Menge gebrannter Kalk zugegeben und das Resultat ist, daß nun die durch Verbrennung des mit dem Eisen verbundenen Phosphors entstehende Phosphorsäure nicht frei bleibt und immer wieder in Phosphor übergeht, sondern sich mit dem Kalke zu phosphorsauren Kalk verbindet. Die Schlacke ist daher sehr reich an Phosphorsäure und wird, wie wir schon bei Besprechung der künstlichen Düngemittel gesehen haben, als Düngemittel in ausgedehnter Weise verwendet.

Theoretisch muß die Erzeugung von Flußeisen aber noch auf einem anderen Wege möglich sein. Gußeisen besitzt über 2·3% Kohlenstoff, Schmiedeeisen etwa 0·5%, schmilzt man also beide in einem passend gewählten Mischungsverhältnisse zusammen, so muß ein Product mit einem dem Stahle entsprechendem Kohlenstoffgehalte sich ergeben. Die Schwierigkeit, diesen Vorgang auf den Boden der Praxis zu stellen, bestand lange Zeit darin, daß man nicht die nöthige Temperatur zu erzeugen wußte, um das Schmiedeeisen zum Schmelzen zu bringen. Erst als Siemens sein schon mehrmals erwähntes und besprochenes Princip der Regene-

Digitized by Google

rativfeuerung ersonnen hatte, waren auch diesem Verfahren, welches nach seinen Erfindern, den Brüdern Martin genannt wird, die Wege geebnet.

Die nebenstehende Abbildung zeigt einen zur Ausführung des Martinprocesses dienenden Ofen im Durchschnitte. Er besitzt einen von den beiden Schmalseiten nach der Mitte und von der Arbeits- nach der Abstichseite hin abfallenden Herd a, welcher auf einer starken Herdplatte b aus kieselsäurereicher oder dolomitischer Masse aufgestampft oder aus Magnesitsteinen gemauert wird. An den Schmalseiten münden aus den Ofenköpfen mehrere Schlitze cd, welche die Verbindung mit den Generatoren und Regeneratoren e und f herstellen. Die Flamme entwickelt sich über dem Herde und bringt den Einsatz zum Schmelzen. An den beiden Längsseiten befinden sich




Martinofen.

Thüren g zum Einsetzen der Beschickung, zum Abziehen der Schlacke und den sonstigen Arbeiten; außerdem ist ein Stichloch h vorhanden.

Zunächst bringt man eine entsprechende Menge Roheisen auf den Herd und schmilzt es ein, dann wird Schmiedeeisen entweder in der ganzen erforderlichen Menge oder in Partien eingetragen. Das sich ergebende Gemisch ist dann je nach seinem Kohlenstoffgehalte, der von der angewendeten Menge Roheisen abhängt, Flußeisen oder ein dem Stahle ähnliches Product.

Auch hier hat man, wie beim Bessemerprocesse, ursprünglich mit saurem Futter gearbeitet, dieses aber bald durch das basische Futter ersetzt. Man wurde dadurch ebenfalls in die Lage versetzt, ein phosphorreiches Rohmaterial zu verarbeiten. Das nach diesem Verfahren gewonnene Flußeisen ist von so vorzüglicher Beschaffenheit, besonders so ausgezeichnet schweißbar, daß es dem durch den Puddelproceß gewonnenen Schmiedeeisen eine noch empfindlichere Concurrenz bereitet, wie der Thomasproceß. Ferner bietet der Martinproceß noch den großen Vortheil, daß er

Digitized by Google

gestattet, allerlei Eisen- und Stahlabfälle, vor allem aber das Alteisen zu verwerthen. Auf dem Hüttenhofe eines solchen Werkes sammeln sich die wunderlichsten Dinge an: alte Kochherdplatten und Blechschnitzel, Bohr- und Drehspäne, Drahtnetze und alte Fintenläufe, Ofenthüren und alte Kochherde, die als „altes Eisen" zu einem sehr geringen Preis aufgekauft, nach dem Martinverfahren aber wieder zu vorzüglichen Producten umgewandelt werden.

Das Martinverfahren eignet sich daher vorzugsweise für Anlagen in der Nähe größerer Städte, wo Alteisen leicht zu beschaffen ist. Der Bessemer-, beziehungsweise der Thomasproceß wird dagegen im unmittelbaren Anschlusse an die Hochöfen ausgeführt, aus welchen man das flüssige Roheisen ohne nennenswerthe Kosten beziehen kann.

Wir haben nun jene Verfahren in ihren Umrissen kennen gelernt, welche heute zur Gewinnung des Eisens verwendet werden. Unsere Aufgabe konnte es nicht sein, sie eingehend zu besprechen und in allen ihren Feinheiten und Einzelheiten zu schildern. Die Eisengewinnung ist nämlich ein Gebiet von solcher Ausdehnung, daß der Raum dieses Buches nicht hinreichen würde, alles Wissenswerthe über diesen wichtigen Zweig der angewandten Chemie aufzunehmen. Die Hüttenkunde und ganz besonders die Gewinnung und Verarbeitung des Eisens bildet eben heute schon einen besonderen Zweig der Chemie, der ebenso ausgebildet und vielseitig ist, wie die Mittel und Wege, deren man sich zur Gewinnung des Eisens bedient. Immer bleibt aber der Beiname noch wahr, welchen schon Homer dem Eisen ertheilte. Er nannte es „polükmetos", d. i. mühevoll. Ebenso kräftiger wie kundiger Hände bedarf es, um aus dem Eisenerze das starke Metall herzustellen, mittelst dessen der Mensch sich den Erdball unterthan gemacht . . . .

Zwei dem Eisen in mancher Beziehung nahe verwandte Metalle sind Nickel und Kobalt. In der Natur kommen sie stets in inniger Gemeinschaft miteinander vor und auch für die Zwecke der Technik besitzen sie Werth und Bedeutung. Besonders gilt dies von dem Nickel, welches als Metall zu verschiedenen Zwecken verwendet wird, während sein Bruder, das Kobalt, hauptsächlich zur Darstellung technisch wichtiger Verbindungen, wie der bekannten, prachtvoll blauen Farben, der Smalte, dient.

Das Nickel ist ein stark glänzendes, silberweißes Metall, welches sehr leicht hohe Politur annimmt. An der Luft verändert es sich nicht, und deshalb wird es angewendet, um andere Metalle mit einer schützenden und dem Auge gefälligen Schicht zu überziehen.

Das Nickel sowohl wie das Kobalt wurden lange Zeit verkannt und mißachtet, und diesem Umstande verdanken sie auch ihre Namen. Der Bergmann war früher enttäuscht, wenn er Erze dieser Metalle förderte. Sie besitzen zwar ein metallähnliches Aussehen und fallen schon durch ihr Gewicht auf, durch Kohle können sie jedoch nicht reducirt werden. Deshalb wanderten sie auf die Halde und der Name „Nickel" hatte wohl damals schon die gleiche wegwerfende Bedeutung, welche ihm heute noch zukommt. Die Benennung „Kobalt" ist mit

Digitized by Google

Bestimmtheit von dem Berggeiste, dem Kobold, abzuleiten, der dem Bergmanne gern einen Streich spielt und ihn scheinbar werthvolle Erze finden läßt, welche die gehegten Hoffnungen jedoch nicht erfüllen.

Das verbreitetste Nickelerz ist der Arsennickelkies, seiner lichtkupferrothen Farbe wegen auch Kupfernickel geheißen. Er enthält jedoch kein Kupfer, sondern nur Nickel in Verbindung mit Arsen. Die wichtigsten Erze des Kobalt sind der Kobaltkies, eine Verbindung von Kobalt und Schwefel, der Speiskobalt, welcher aus Kobalt, Nickel, Eisen und Arsen besteht, ferner der Tesseralkies, eine Verbindung von Kobalt mit Arsen, der Kobaltglanz und viele andere. Beide Metalle, das Nickel sowohl wie das Kobalt, kommen in gediegenem Zustande in der Natur nicht vor.

Die Darstellung dieser beiden Metalle ist ziemlich umständlich. Die Erze sind selten rein und enthalten noch andere Metalle und erdige Substanzen. Man erzeugt also zunächst, indem man die theilweise gerösteten Erze mit Quarzsand schmilzt, einen Concentrationsstein, aus welchem Nickeloxydul dargestellt wird. Dieses wird dann mit Melasse oder Mehl zu einem Teige angemacht, in würfelförmige Stücke gepreßt und mit Kohlepulver in Muffelöfen reducirt. Ein reineres Product wird auf nassem Wege erhalten, indem man die gerösteten Erze mit Salzsäure oder Schwefelsäure auszieht und aus der Lösung zunächst durch Chlorkalk das Kobalt niederschlägt. Das Nickel wird dabei nicht gefällt, dagegen wird es aus der von Kobalt befreiten Lösung durch Kalkmilch oder Soda niedergeschlagen. Die weitere Verarbeitung zu Metall ist dann die gleiche wie oben angegeben.

Das Nickel läßt sich hämmern und schweißen; es findet im reinen Zustande ausgedehnte Anwendung zur Herstellung vieler Gegenstände und besonders Küchengeräthschaften aus reinem Nickel erfreuen sich einer immer größer werdenden Beliebtheit. Ferner dient das Nickel zum Vernickeln von Metallgegenständen, wozu man sich ebenfalls des galvanischen Verfahrens bedient; als Bad verwendet man eine Flüssigkeit, welche Nickelammoniumsulfat gelöst enhält. Endlich dient das Nickel auch zur Anfertigung verschiedener Legirungen, so besteht das bekannte Neusilber oder Argentan aus 5 Theilen Kupfer, 2 Theilen Nickel und 2 Theilen Zink, es besitzt das Aussehen des zwölflöthigen Silbers.

Da das Nickel ziemlich hart und wiederstandsfähig ist, verwendet man es auch zur Herstellung von Scheidemünzen und gerade zu diesem Zwecke besitzt es gegenüber dem Kupfer verschiedene Vortheile. Ueberdies sind zur Prägung von Nickelmünzen seiner Härte wegen besonders kräftige Prägestocke nöthig, desgleichen erfordert die Herstellung der Legirung große Sachkenntnis, so daß dadurch die Fälschung und Nachahmung solcher Münzen erschwert wird.

Das Kobalt wird als Metall wohl kaum verwendet, dagegen sind einzelne seiner Verbindungen von Interesse und Bedeutung. Zur Darstellung der Smalte wird das vorsichtig geröstete Kobalterz mit Quarzsand und Potasche geschmolzen. Die in dem Erze vorhandenen fremden Metalle und Verunreinigungen gehen dann in die „Speise" über und werden entfernt, das tief dunkelblau gefärbte Glas wird

Digitized by Google

in kaltes Wasser gegossen, zerstoßen, gewaschen und schließlich auf das feinste vermahlen.

Sowohl die Verbindungen des Nickels, wie besonders die des Kobalt zeichnen sich durch prächtige Färbungen aus. Die Nickelverbindungen sind schön apfelgrün gefärbt, die Kobaltverbindungen dagegen roth oder blau, und das Auftreten der einen oder anderen Farbe ist von dem Wassergehalte abhängig. So ist das Kobaltchlorid im wasserhaltigen Zustande roth, entfernt man jedoch durch vorsichtiges Erhitzen das Krystallwasser, so nimmt es eine schön blaue Farbe an. Läßt man es dann an der Luft liegen, so nimmt es wieder Wasser auf und geht in die roth gefärbte Modification über.

Dieser Eigenschaft wegen verwendet man das Kobaltchlorid zur Anfertigung verschiedener, auf ihrem chemischen Verhalten beruhender Spielereien. Die sogenannten „sympathetischen Tinten", die erst nach dem Erwärmen sichtbare Schriftzüge liefern, sind verdünnte Lösungen von Kobaltchlorid. Schreibt man mit einer solchen Lösung, so sind die Schriftzüge kaum sichtbar. Erwärmt man aber das Blatt, so verlieren die auf dem Papiere ausgeschiedenen winzigen Kryställchen von Kobaltchlorid das Krystallwasser, sie werden blau und nun können die Schriftzüge, die nach kurzer Zeit wieder verschwinden, gelesen werden.

Auch die sogenannten Wetterbilder, Wetterblumen, Wetterhexen u. s. f., welche durch die Farbenänderung Regen ankündigen sollen, werden mit Hilfe des Kobaltchlorides hergestellt. Mit einer Lösung dieser Verbindung werden Blumen aus weißem Zeuge getränkt oder einzelne Theile einer Landschaft gemalt. Je nach dem Feuchtigkeitsgehalte der Luft nehmen diese Stellen dann alle Farbenschattirungen von Rosa bis Blau an; daraus aber einen Schluß auf die künftige Gestaltung des Wetters zu ziehen ist nicht möglich, da die nothwendige Folge wasserreicher Luft durchaus kein Regen ist, und umgekehrt trockene Luft keine sichere Garantie für schönes Wetter bildet. Das einzige halbwegs verläßliche Instrument zur Wetterprognose ist und bleibt daher immer ein gutes Barometer, überdies werden diese Wetterbilder gewöhnlich zu einem Preise verkauft, der zu ihrem wahren Werthe in gar keinem Verhältnisse steht.

Wir verlassen nun die Eisengruppe und wenden uns der nächsten natürlichen Familie der Metalle, der Chromgruppe, zu. Sie umfaßt die Elemente Chrom, Molybdän, Wolfram und Uran, welche alle zu den Metallen gehören. Hauptsächlich sind es jedoch ihre Verbindungen, welche technisch von Bedeutung sind.

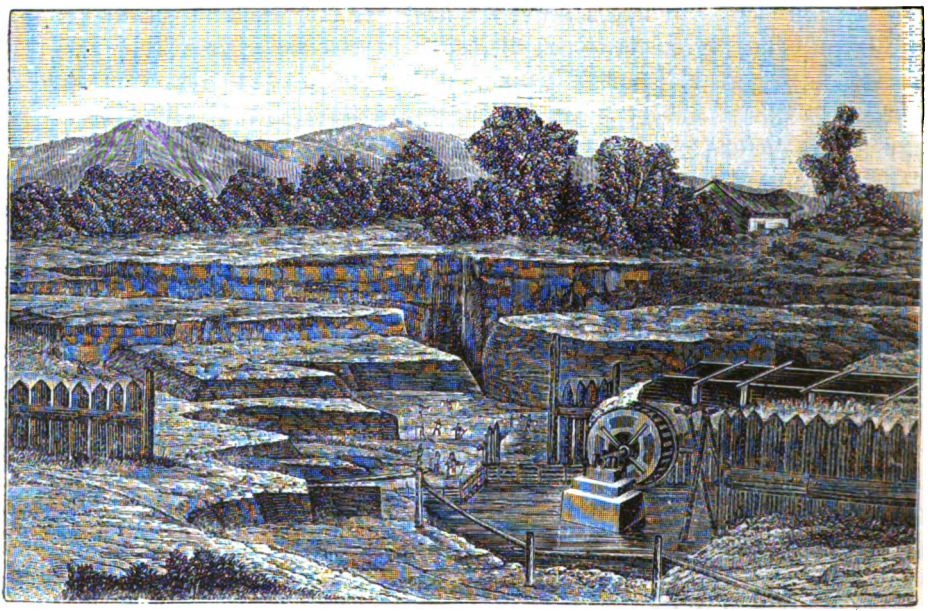
Ohne auf ihre Darstellung, die wenig Interessantes bietet, näher einzugehen, wollen wir nur erwähnen, daß das Chrom zur Bereitung verschiedener Farben dient, das Molybdän wird in der analytischen Chemie zur Bestimmung der Phosphorsäure angewendet, Wolfram ist ein Bestandtheil gewisser Legirungen, auch dient es zur Herstellung einer Stahlsorte, des Wolframstahles, er enthält 8 bis 9% Wolfram und zeichnet sich durch große Härte und Zähigkeit aus. Uran wird in der Porzellanmalerei als Farbe und zum Färben von Glas verwendet, das Uran-

Digitized by Google

glas zeichnet sich durch eine eigenthümliche, zwischen Grün und Gelb wechselnde Färbung aus.

Eine weitere natürliche Familie bilden die Elemente Zinn, Titan, Germanium, Zirkonium und Thorium. Unter ihnen besitzt aber nur das Zinn Bedeutung, die anderen sind seltene Elemente, die wohl den Chemiker, nicht aber den Techniker zu interessiren vermögen.

Das Zinn war schon den alten Völkern bekannt und, wie wir wissen, wurde es verwendet, um die Bronze darzustellen, die lange Zeit hindurch das einzige brauchbare Metall war, dessen man sich bediente.



Zinnseifenlager zu Bangka.

Für die Gewinnung des Zinns, welches nur sehr selten gediegen vorkommt, besitzt nur ein Erz Bedeutung, es ist dies der Zinnstein oder Kassiterit. Seiner chemischen Zusammensetzung nach ist er Zinnoxyd; er enthält 78·6 Theile Zinn und 21·4 Theile Sauerstoff. Gewöhnlich kommt er in schönen Krystallen vor, die sich häufig durch eigenthümliche, aber gesetzmäßige Verwachsungen von je zwei Krystallindividuen zu charakteristischen Zwillingsbildungen auszeichnen.

In Europa wird Zinn nur durch Bergbau gewonnen, wesentlich leichter ist die Gewinnung dagegen in Ost-Asien und Australien, wo große Strecken mit zinnführendem Schwemmlande bedeckt gefunden wurden. Solche „Zinnseifen" wurden zuerst auf der Insel Bangka im Jahre 1710 entdeckt, später aber auch in Malakka und im Jahre 1852 auf Bilitong. In den Seifenlagern ist das Zinn als Zinnstein

Digitized by Google

enthalten; da dieser ein wesentlich höheres specifisches Gewicht besitzt wie das Geröll, in welches er eingebettet vorkommt, so kann er leicht durch einen Schlämmproceß gewonnen werden.

Die Verarbeitung der Zinnerze erfolgt nach verschiedenen Methoden, welche untereinander jedoch große Aehnlichkeit besitzen. Der Zinnstein wird zunächst geröstet, um Schwefel und Arsen zu entfernen, dann gewaschen und abermals erhitzt, um die letzten Antheile von Schwefel und Arsen auszutreiben. Das genügend gereinigte Röstgut, das „Schwarzzinn", enthält 60 bis 70% Zinn.

Es wird nun mit Anthracit oder Kohle gemengt und in besonderen Oefen erhitzt, die Reduction erfolgt leicht und nach fünf bis sechs Stunden wird das reducirte Metall und die Schlacke abgelassen. Das Rohzinn wird, um es zu reinigen, nochmals umgeschmolzen und dabei mit einem grünen Holze gepolt.

Das Zinn wird zu verschiedenen Zwecken verwendet. Es ist in organischen Säuren, wie Essigsäure oder Weinsäure nicht löslich, und man verwendet es daher, um Kupfergefäße zu verzinnen; überhaupt findet es seiner bedeutenden Widerstandsfähigkeit wegen mannigfache Anwendung. Außerdem dient es zur Herstellung von Legirungen; Weißblech ist mit Zinn überzogenes Eisenblech, die Deckel der Bierkrüge bestehen aus einer sehr zinnreichen Legirung u. s. f.

Das Zinn ist härter als Blei, aber weicher als Gold, es besitzt ein krystallinisches Gefüge. Biegt man eine Stange Zinn hin und her, so vernimmt man ein eigenthümliches knirschendes Geräusch, das sogenannte „Zinngeschrei". Es entsteht dadurch, daß sich die Krystalltheilchen aneinander reiben.

Die anderen Angehörigen der Zinngruppe besitzen nur geringes Interesse. Sie gehören zu den seltenen Metallen und finden keine Anwendung in der Technik.

Das Germanium wurde von Cl. Winkler im Jahre 1887 in einem zu Freiberg gefundenen Silbererze, dem Argyrodit, entdeckt, es ist ein stark glänzendes, grauweißes Metall, welches bei 900° schmilzt. Das Mineral, in welchem es gefunden wurde, war nur sehr selten und wurde in geringer Menge gefördert, so daß auch nur geringe Mengen des neuen Elementes dargestellt werden konnten. Professor Winkler hat später namhafte Summen geboten, um eine größere Menge des von ihm dargestellten, aber in alle Welt zerstreuten Elementes zurückzuerhalten.

Als Winkler dieses der Zinngruppe angehörende Element entdeckt und es zu Ehren seines Vaterlandes „Germanium" genannt hatte, erhob die französische Presse laute Klage, daß man in Deutschland nun auch schon beginne, die Politik auf die Wissenschaft zu übertragen und einem Elemente einen tendenziösen Namen beilege. Dabei übersah man aber ganz, daß Lecoque de Boisbaudran das 1875 von ihm entdeckte Metall „Gallium" geheißen hatte und daß man also in Frankreich zuerst einem neuen Elemente den Namen des Landes, in welchem es entdeckt wurde, verlieh.

Das Zirkonium wurde zuerst von Berzelius dargestellt, nachdem schon Klaproth im Jahre 1789 nachgewiesen hatte, daß im Zirkon eine neue Erde, welche er Zirkonerde nannte, enthalten sei. In Verbindung mit Kieselsäure bildet das



Digitized by Google

Zirkonium den als Schmuckstein geschätzten Zirkon, der im reinen Zustande farblos und diamantglänzend ist. Er führt dann auch den Namen Jargon, während die durch Eisenoxyd gelb, orange oder braunroth gefärbte Varietät Hyazinth genannt wird.

Die nächste, die Antimongruppe, umfaßt die Metalle Vanadin, Antimon, Wismuth, Tantal und Niob. Von diesen sind aber auch nur zwei, das Antimon und das Wismuth, von Bedeutung.

In chemischer Hinsicht stehen sich diese beiden Metalle sehr nahe. Zwar finden sie im reinen Zustande nur sehr geringe Verwendung in der Technik, von großer Bedeutung sind dagegen gewisse Verbindungen dieser Metalle und auch zur Darstellung von Legirungen werden sie vielfach verwendet.

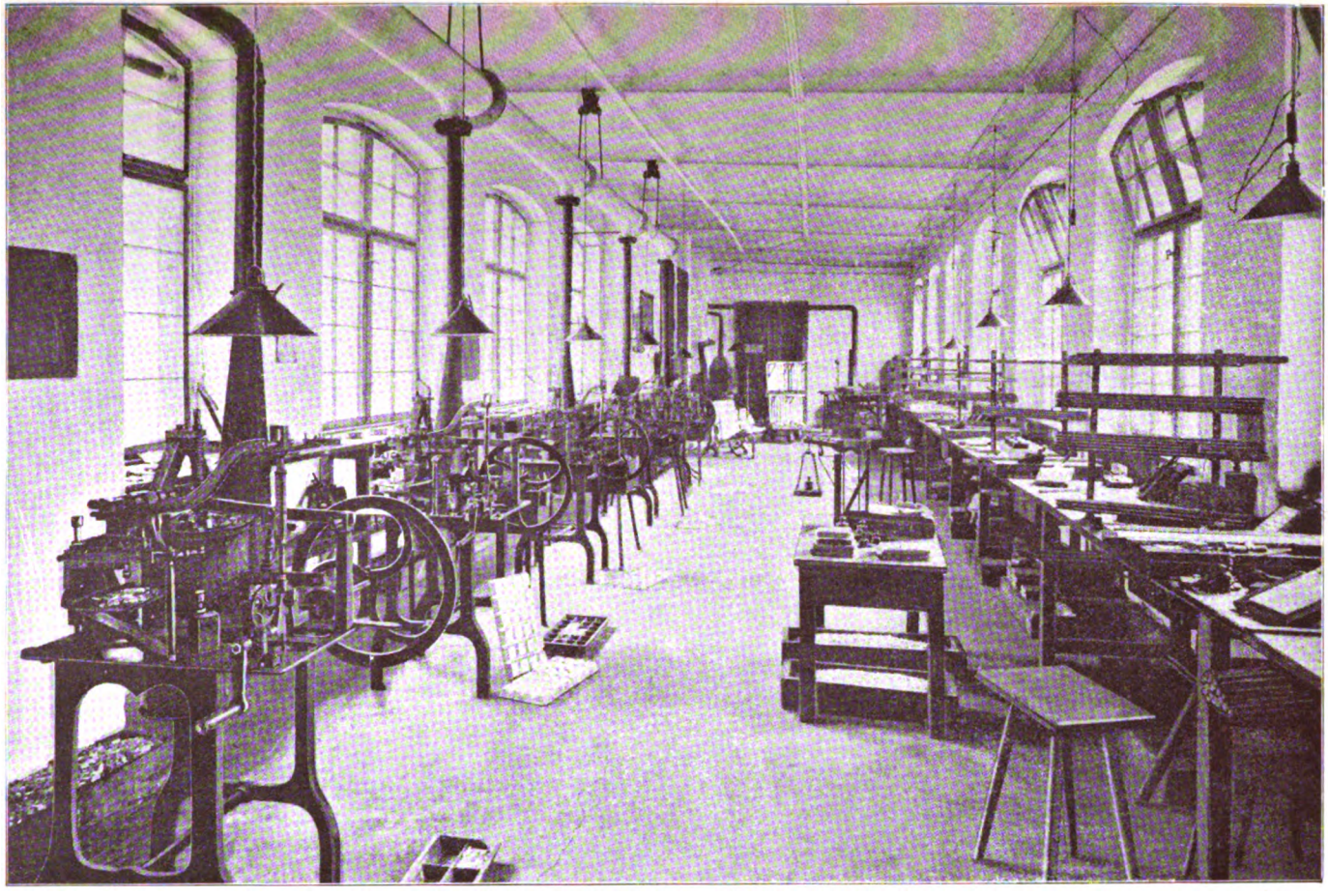
Das Antimon kommt besonders in Verbindung mit Schwefel als Spießglanz vor und dieses Mineral war schon den alten Völkern bekannt. Im Orient verwenden ihn die Frauen zum Bemalen ihres Antlitzes, hauptsächlich um den Augenbrauen einen höheren Schwung zu verleihen.

Die Darstellung des Metalles aus dem Spießglanze ist verhältnismäßig einfach. Zunächst wird das Erz, um es von erdigen Beimengungen zu reinigen, ausgeschmolzen; durch Rösten vertreibt man den Schwefel und schließlich wird das hinterbleibende Oxyd mit Kohle reducirt. Auch kann man dem Schwefelantimon den Schwefel durch Schmelzen mit Eisen entziehen, also in ähnlicher Weise, wie aus dem Zinnober das Quecksilber durch Kalk abgeschieden wird. Das geschmolzene Metall wird in flache Formen gegossen und langsam erkalten gelassen. Es zeigt dann an der Oberfläche eine eigenthümliche, durch das krystallinische Gefüge bedingte sternförmige Zeichnung und führt den Namen Regulus antimonii stellatus. Den Alchemisten schien dies natürlich von besonderer Bedeutung zu sein, und sie nannten diese Erscheinung ebenso schön als klar den „philosophischen Signalstern". Man glaubte, daß dieser Stern nur bei einer besonderen Constellation der Planeten erhalten werden könne, daß solches Antimon mit ganz besonderen Eigenschaften begabt sei, und was dergleichen mystische Deutungen und Verdrehungen, an denen bekanntlich das alchemistische Zeitalter nicht arm war, mehr sind.

Das Antimon ist ein glänzend silberweißes, krystallinisches und daher auch sehr sprödes Metall von großer Härte, welches bei 432° schmilzt. Wird es stärker erhitzt, so verbrennt es zu Oxyd, und vor dem Löthrohre geschmolzene Körner glühen noch längere Zeit fort, wobei sie sich mit Krystallnadeln, welche aus Antimonoxyd bestehen, überdecken. Läßt man geschmolzenes Antimon von nicht zu großer Höhe auf ein mit einem Rande umgebenes Blatt Papier fallen, so zersprüht es in zahlreiche Kügelchen, welche lebhaft umherfahren und verbrennen. Dabei ziehen sie eigenthümliche schwarze Curven auf dem Papiere, die allem Anscheine nach vollkommen regelmäßig verlaufen. Ein durch seine treffenden Bemerkungen bekannter Gelehrter hat diese Erscheinung seinen Hörern vorgewiesen mit den Worten: „Voilà — die eigenhändige Unterschrift des Antimons."

In früherer Zeit wurde das Antimon in großen Mengen zur Herstellung medicinischer Präparate verwendet. Valentinus verordnete solche Antimonver-

Digitized by Google



**Schriftgießerei.**
(Aus dem Etablissement von Schelter & Giesecke in Leipzig.)

Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

Digitized by Google

bindungen zuerst und der große Paracelsus, der Vielgenannte und Vielverkannte, folgte seinem Beispiele. Es wurde aber auch Antimonmetall verwendet, und zwar formte man daraus Becher, welche man, mit Wein gefüllt, die Nacht über stehen ließ. Der Wein löste Antimon auf und wirkte dann als energisches Brechmittel. Auch formte man aus dem Antimon kleine Kügelchen, welche immer und immer wieder den Körper passiren mußten. Auch sie wirkten brechenerregend, da durch die Magensäure stets geringe Mengen dieses Metalles gelöst wurden. Man besaß jedoch nicht Wagen von genügender Empfindlichkeit, um die Verminderung des Gewichtes feststellen zu können und glaubte deshalb, daß diese Kügelchen nur durch Berührung mit den Körpertheilen wirkten. War ein Kranker durch solche Arznei gesundet, so wurden die Kügelchen wieder sorgfältig in Verwahrung genommen und bei nächster Gelegenheit einem anderen Kranken ordinirt. Und da sie eben oftmals verwendet werden konnten — an dem gewiß nicht appetitlichen Vorgange nahm man damals gar keinen Anstoß — so nannte man sie „ewige Pillen".

Von den zahlreichen Verbindungen des Antimons, welche seinerzeit in der lateinischen Küche bereitet wurden, haben sich eigentlich nur zwei erhalten und dauernd einen Platz gesichert. Es sind dies der Brechweinstein, eine Verbindung von Antimon mit Weinsäure und Kalium, und der Goldschwefel, eine Verbindung von Antimon mit Schwefel, welche jedoch mehr Schwefel enthält als Spießglanz. Goldschwefel dient als Arzneimittel und auch um vulcanisirten Kautschuk roth zu färben.

Weit wichtiger als die Verbindungen des Antimons sind die Legirungen, zu deren Bereitung es verwendet wird. Das bekannte Britanniametall, eine silberähnliche Metallmischung, welche zur Anfertigung von Löffeln, Bechern, Kannen u. s. f. dient, besteht der Hauptsache nach aus Zinn und Antimon, der Weißguß oder das „Antifrictionsmetall", aus welchem man Lagerschalen herstellt, enthält ebenfalls 10 bis 20% Antimon. Die wichtigste Legirung aber, welche unter Verwendung des Antimons bereitet wird, ist das Letternmetall, welches aus Blei und 15 bis 20% Antimon besteht. Häufig wird auch noch eine geringe Menge Kupfer und Zinn zugegeben.

Wird Blei mit Antimon legirt, so erhält man ein Metall, welches sich durch ziemlich bedeutende Härte auszeichnet. Das sogenannte Hartblei enthält 20% Antimon; das Letternmetall ist also ebenfalls eine Art Hartblei. Außer der Widerstandsfähigkeit besitzt diese Legirung aber auch die Eigenschaft, sich beim Erkalten auszudehnen, und dies macht sie eben zur Herstellung der Lettern sehr geeignet.

Die Herstellung der für den Buchdruck bestimmten Lettern, der „Schrift" in der Sprache der Buchdrucker, geschieht in der Weise, daß das geschmolzene Metall mit Hilfe einer kleinen Pumpe in die Form eingespritzt wird. Nur auf diese Weise ist es möglich, die Luft aus der Form zu verdrängen und reine Güsse zu erhalten. Das Letternmetall wird nur so weit erhitzt, daß es eben geschmolzen bleibt, in der Form erstarrt es daher sofort. Dabei dehnt es sich aber aus und schmiegt sich genau in alle Vertiefungen der Matrize.



Digitized by Google

Das Wismuth sieht ähnlich aus wie das Antimon, und besitzt auch ähnliche Eigenschaften wie dieses. Es ist ein hartes sprödes Metall von weißer Farbe, doch zeichnet es sich durch einen eigenthümlichen, röthlichen Schimmer aus, welcher dem Antimon fehlt. Wismuth schmilzt bei 268° und kann, wenn man es langsam erstarren läßt, leicht in großen, würfelförmigen, ineinander geschachtelten Krystallen erhalten werden.

In der Natur tritt das Wismuth hauptsächlich im gediegenen Zustande auf, doch betheiligt es sich auch an der Zusammensetzung einzelner Mineralien, wie Wismuthglanz, Tellurwismuth, Wismuthbleikupferblende und noch einiger anderer. Alle diese Mineralien werden jedoch nur verhältnismäßig selten gefunden.

Die Hauptproducenten von Wismuth sind nach Cl. Winkler die sächsischen Blaufarbenwerke Oberschlema und Pfannenstiel, in deren Besitz sich die großen Wismuthfundstätten zu Schneeberg befinden. Früher wurde das Wismuth durch Absaigern gewonnen, indem man die Erze in geneigten eisernen Röhren erhitzte. Auf diese Weise gewann man jedoch nur das im gediegenen Zustande vorhandene Metall und auch dieses nur zum Theile. Der Rest fiel als Nebenproduct bei der Verschmelzung der kobaltreichen Rückstände auf Smalte ab, wobei sich das Wismuth unter der Kobaltspeise ansammelte. Jetzt werden alle Erze geröstet und in den Häfen der Smalteöfen unter Zusatz von Eisen, Kohle und Schlacke verschmolzen. Man erhält so zwei Schichten, die obere aus Kobaltspeise bestehend, erstarrt zuerst, während die untere, welche fast reines Wismuth ist, im flüssigen Zustande abgestochen wird. Dann enthält es nur geringe Mengen von Eisen, Kobalt, Nickel, Blei, Silber, Schwefel und Arsen und wird geläutert, indem man auf einer schwach geneigten Eisenplatte ein Holzfeuer anzündet und das Wismuth langsam darin niederschmelzen läßt. Dabei läuft fast chemisch reines Raffinadewismuth ab, welches in halbkugelförmigen Formen erstarren gelassen wird.

Wismuth dient zur Herstellung pharmaceutischer Präparate und weißer Schminke, welche jedoch schädlich ist. Auch hat sie die Eigenschaft, durch Schwefelwasserstoff schwarz zu werden. Damen, welche Schwefelbäder zu besuchen gedenken, sollten sich daher solcher Schminke unter keinen Umständen bedienen.

Auch das Wismuth wird vielfach zur Herstellung von Legirungen verwendet; diese zeichnen sich durch einen besonders niederen, unter 100° liegenden Schmelzpunkt aus. So schmilzt eine Legirung, bestehend aus 8 Theilen Wismuth, 5 Blei und 3 Zinn schon bei 94·5°, und das Wood'sche Metall, dessen Schmelzpunkt bei 60° liegt, wird durch Zusammenschmelzen von 4 Theilen Wismuth, 2 Blei und je 1 Theile Zinn und Cadmium bereitet. Fügt man dieser Legirung auch Quecksilber zu, so bewirkt dies noch eine weitere Erniedrigung des Schmelzpunktes.

Die letzte natürliche Gruppe der Metalle umfaßt Gold, Platin, Ruthenium, Rhodium, Palladium, Iridium und Osmium. Ihr gehören also die beiden wichtigsten Edelmetalle an, das Gold und das Platin. Das Gold ist auf der ganzen Welt der Werthmaßstab geworden, es verleiht Reich-

Digitized by Google

thum, Ansehen und Macht, das Platin ist aber für den Chemiker das wichtigste aller Metalle, denn seine Eigenschaften, besonders seine große Widerstandsfähigkeit gestatten es, zahlreiche Körper zu erforschen, und mit Substanzen zu operiren, die jedes andere Material angreifen und zerstören würden.

Das Gold ist durchaus nicht, wie man nach der Werthschätzung glauben sollte, welche es genießt, ein auf der Erde nur sehr selten vorkommendes Metall. Nächst dem Eisen ist es vielmehr am häufigsten vorhanden, aber nur an wenigen Orten findet es sich in solcher Menge, daß seine Gewinnung lohnend wird, und dies erklärt, trotz der weiten Verbreitung des Goldes, seinen hohen Werth.

Goldklumpen in natürlicher Größe. Gefunden 1850 in Californien.

Die Hauptmenge des Goldes kommt im gediegenen Zustande vor. Der Begriff „gediegenes Gold" darf jedoch hier nicht mit „reines Gold" identificirt werden. Es ist zwar richtig, daß manches „gediegene" Gold auch fast chemisch rein ist, aber diese Fälle gehören zu den Ausnahmen. In der Regel ist vielmehr das Gold in wechselnder Menge durch andere Metalle, durch Silber, Kupfer, Eisen, Quecksilber, Platin und kleine Mengen platinähnlicher Metalle verunreinigt.

Am häufigsten wird das Gold als sogenanntes Wasch- oder Seifengold gefunden. Es sind dies Ablagerungen von Gerölle und Schutt, wie sie das fließende Wasser bewirkt, und in denen größere oder kleinere Goldstücke, von großen, unregelmäßig geformten Klumpen, den „Nuggets", bis herab zu feinem Pulver, dem Goldstaube, vorkommen. Der größte, in Australien gefundene Goldklumpen

Digitized by Google

wog 87 kg; es gehört oder gehörte nach Entdeckung der großen californischen Goldfelder jedoch nicht gerade zu den Seltenheiten, daß Goldklumpen, die mehrere Kilogramme wogen, gefunden wurden.

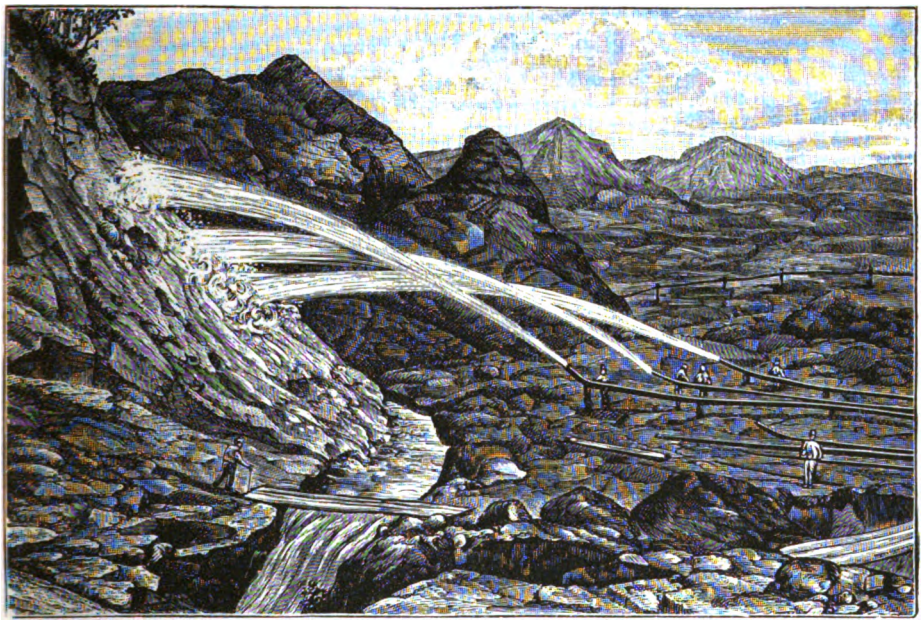
Goldbergwerk in Seword City am Chilkoopaß (Alaska).

Die Gewinnung des Goldes erfolgt auf verschiedene Weise. Das ursprüngliche Werkzeug der Goldsucher, deren Leben und Treiben uns Bret-Harte in so anschaulicher und meisterhafter Weise zu schildern verstand, war nichts weiter als eine flache Holzschüssel, welche mit dem goldführenden Sande gefüllt wurde. Dann brachte man sie unter Wasser und schwenkte sie so lange hin und her, bis alle leichteren Bestandtheile weggeschwemmt waren und nur die schweren Goldkörner

Digitized by Google

zurückblieben. Daß bei diesem Verfahren die Ausbeute nur gering sein konnte, ist klar, auch war die tägliche Leistung eines Goldwäschers nur klein, er vermochte höchstens 400 kg Goldsand zu verwaschen.

Man verbesserte dann die Geräthe, construirte die sogenannte Wiege und den Long-tom, lange, geneigte, mit Sieben versehene Rinnen, in welchen durch fließendes Wasser der goldführende Sand einem Schlämmprocesse unterworfen wurde. Mit Hilfe dieser Vorrichtungen vermochte man schon 6000 kg Material pro Tag zu verarbeiten.



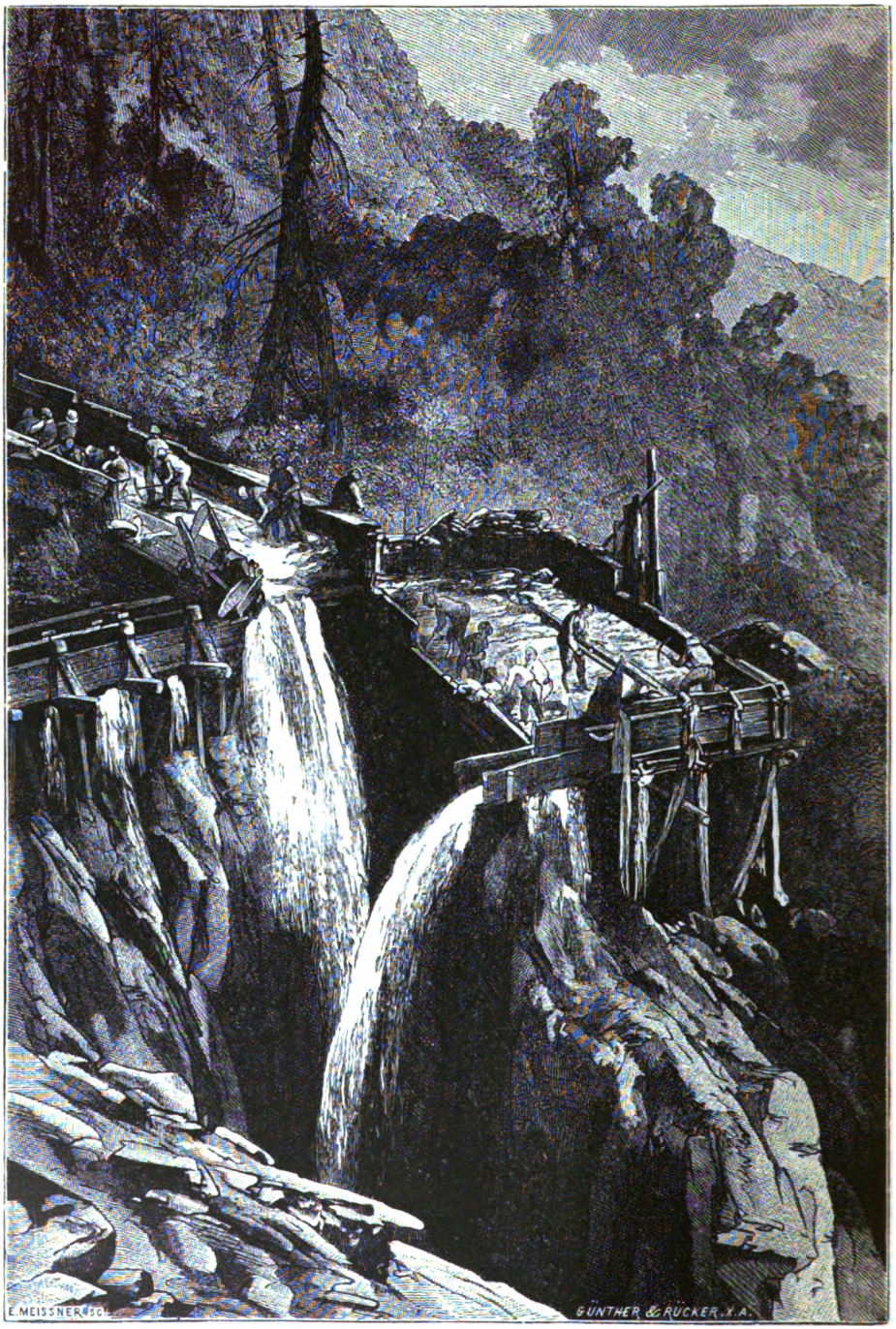
Gewinnung der goldführenden Erde durch den hydraulischen Abbau.

Auch die Schleuse ist ein ähnliches Geräth, nur besitzt sie eine Länge bis zu 300 m und vermag bis zu 18.000 kg Goldsand pro Tag zu bewältigen.

Noch gewaltiger wurde die Leistung, als man zum sogenannten hydraulischen Abbaue überging. Anstatt mit Haue und Schaufel das Schwemmland aufzulockern, spülte man es mit Hilfe kräftiger Wasserstrahlen herab, und erreichte dadurch schon eine theilweise Trennung des goldführenden von dem goldfreien Material.

Alle diese Vorrichtungen haben jedoch so ziemlich ihre Bedeutung verloren, als das Goldsuchen aufhörte, die Beschäftigung einzelner, meist abenteuernder, fahrender Gesellen zu bilden. Die goldführenden Districte, die unmittelbar nach ihrer Entdeckung der Tummelplatz Bassermann'scher Gestalten wurden, die nichts

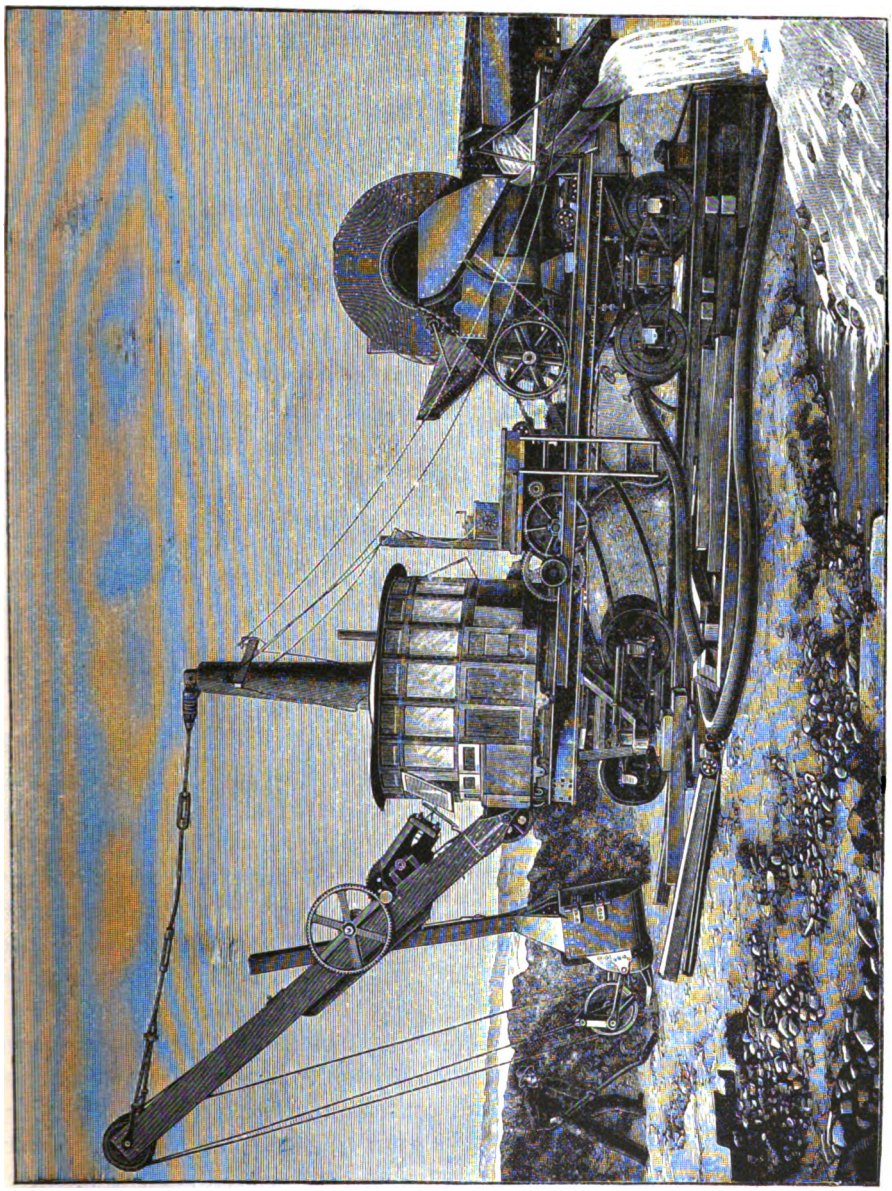
Digitized by Google




Goldwäsche in Californien.

Digitized by Google

zu verlieren und nur zu gewinnen hatten, gingen in den Besitz größerer Gesellschaften über, und diese richteten nun die Goldgewinnung modern ein. Die Hand-



Maschine mit elektrischem Antriebe zur Gewinnung und Verarbeitung des goldhaltigen Sandes. (Amalgamator.)

arbeit wurde so viel als möglich durch Maschinenkraft ersetzt, an die Stelle der primitiven Geräthschaften traten Maschinen und Vorrichtungen, welche jeden

Digitized by Google

Verlust fast unmöglich machten, und endlich wendete man sich auch chemischen Verfahren zu, um selbst sehr goldarmem Materiale das Gold zu entziehen.

Die chemischen Verfahren, deren man sich zur Gewinnung des Goldes bedient, beruhen darauf, das Gold durch geeignete Mittel in Lösung zu bringen. Wohl das älteste Verfahren dieser Art ist die Amalgamation. Quecksilber besitzt nämlich im hohen Maße die Eigenschaft, Gold zu lösen. Das zerkleinerte, goldführende Material wurde in rotirende Fässer gebracht, mit Quecksilber versetzt und nun in Bewegung erhalten. Das Goldamalgam wird dann abgesondert und destillirt, wobei das Gold hinterbleibt. Dieses Verfahren leistet sehr gute Dienste, wenn es sich nur um die Verarbeitung von goldführendem Quarz handelt. Es wird jedoch sehr schwierig und wesentlich vertheuert, wenn gleichzeitig Schwefelmetalle vorhanden sind. Auch diese nimmt das Quecksilber auf, doch verliert es dann sehr rasch die Fähigkeit, sich mit Gold zu amalgamiren.

Man hat auch besondere Maschinen gebaut, welche sowohl die Gewinnung des goldführenden Sandes, als auch dessen Amalgamation besorgen. Diese Vorrichtungen, wie die bei der Bennet Amalgamator Co. Sumint (Colorado) in Verwendung stehenden Amalgamatoren werden durch Elektricität bewegt. Eine Schaufel, der Excavator, welcher 800 l Erde oder Sand zu fassen vermag, hebt diese empor und leert sie in den Amalgamator, der nur gesiebten Sand mit dem Quecksilber in Berührung kommen läßt. Zur Bedienung dieser Maschine, d. h. zum Senken und Heben der Schaufel, zum Drehen derselben nach dem Amalgamator und Entleeren ihres Inhaltes in diesen genügt eine Person. Sie hat nichts weiter zu thun, als die Schalthebel des Elektromotors umzustellen.

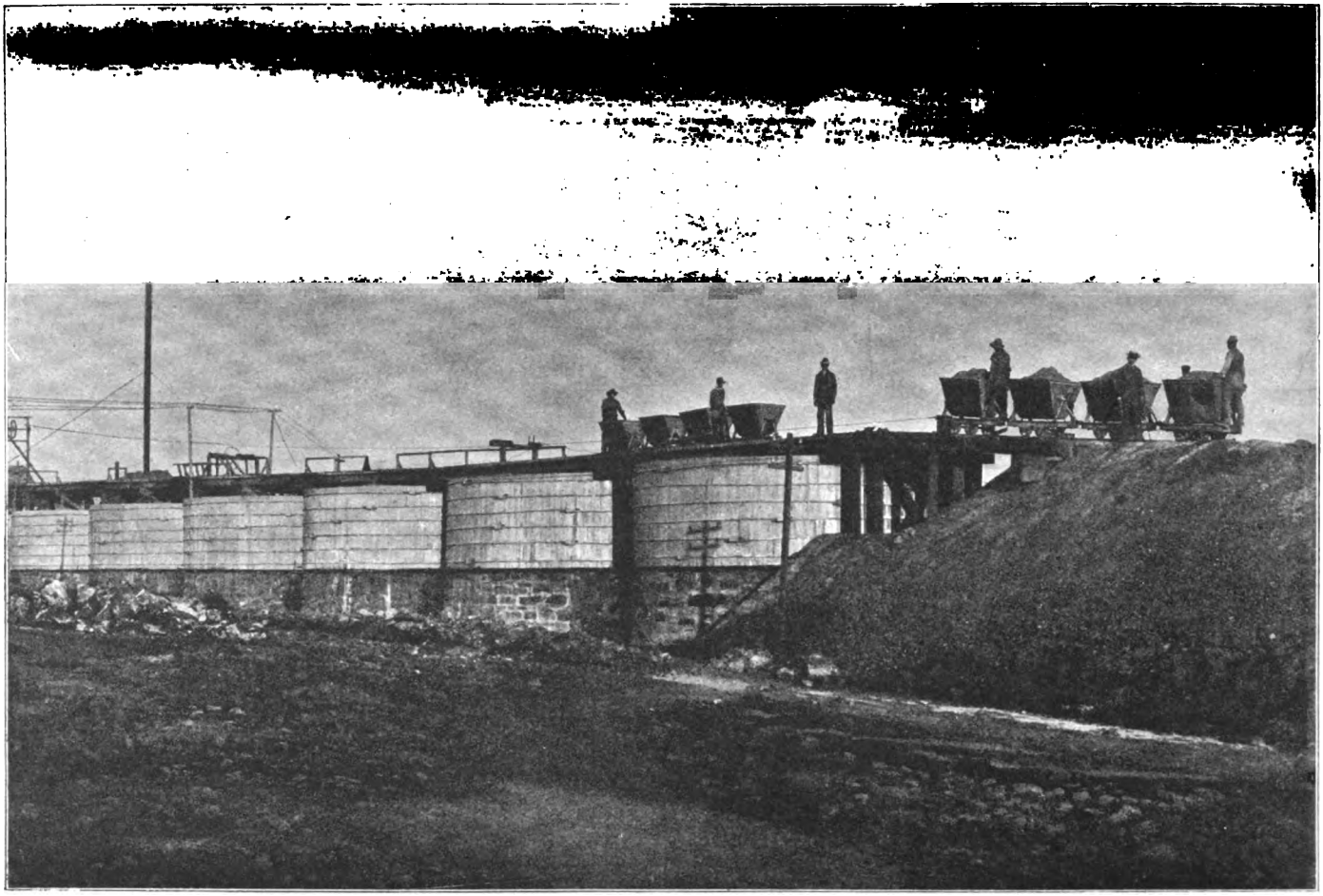
Ein anderes Verfahren der Goldgewinnung ist Plattner's Chloration. Die zur Entfernung von Schwefel und Arsen gerösteten Erze werden in einem hölzernen Kasten mit Chlor behandelt. Das Chlor verwandelt das Gold in Goldchlorid, welches in Wasser löslich ist. Die Lösung wird mit Eisenvitriol versetzt, wodurch sich das Gold als zartes braunes Pulver niederschlägt, welches gewaschen, getrocknet und behufs vollständiger Reinigung mit Borax geschmolzen wird.

Gegenüber der Amalgamation bedeutete der Chlorproceß einen wesentlichen Fortschritt, da er gestattet, bis zu 95% des Goldes zu gewinnen. Er wird jedoch durch den erst seit wenigen Jahren bekannten und ausgeübten Mac Arthur-Forrest-Proceß in den Schatten gestellt, welcher die directe Gewinnung des Goldes aus den zerkleinerten Erzen ermöglicht.

Dieser Proceß beruht auf der Löslichkeit des Goldes in verdünnten Lösungen von Cyankalium, beziehungsweise Cyannatrium. Man behandelt das goldführende Gestein, nachdem es zerkleinert wurde, mit einer Lösung, welche 6 bis 8 g Cyankalium im Liter enthält. In der Lösung ist dann das Gold als Goldcyanid vorhanden, es wird durch den elektrischen Strom oder durch Einlegen von Aluminiumblechen gefällt.

Die Laugerei selbst wird in großen gemauerten oder hölzernen Gefäßen vorgenommen; man läßt die Cyankaliumlösung je nach dem Reichthume des Erzes an

Digitized by Google



Cyanid-Werke in den afrikanischen Goldminen.
(Nach einer Photographie des technischen Etablissements von A. Koppel in Berlin.)

Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

Digitized by Google

Gold 6 bis 12 Stunden einwirken, worauf sie abgezogen und durch neue Lauge ersetzt wird. Pro 1000 kg Erz sind etwa 500 kg Cyanidlösung erforderlich. Die schon einmal extrahirten Erze werden dann nochmals mit einer noch verdünnteren Cyanidlösung behandelt, um auch die letzten Spuren Gold zu gewinnen, mit Wasser gewaschen und entfernt.

Die Anwendung des Goldes ist viel zu bekannt, als daß wir darauf hier noch einzugehen brauchten. Viel interessanter ist es dagegen zu sehen, was man in früheren Jahrhunderten von dem Golde gehalten hat.

Wie wir schon wiederholt erwähnten, war man im Zeitalter der Alchemie allgemein von der Anschauung durchdrungen, es müsse möglich sein, unedle Metalle in edle zu verwandeln, mit anderen Worten Gold darzustellen. Die Alchemisten versuchten dies auf alle mögliche Weise, und sie wurden in ihren Bestrebungen bestärkt durch Berichte glücklich zu Stande gekommener Transmutationen.

Zahlreiche solcher Berichte haben sich bis auf unsere Tage erhalten. Wie der Glückliche, der im Besitze des „Steines der Weisen" war, der die Umwandlung bewirkte, dabei vorgegangen ist, und wie der echte, wahre Stein der Weisen gewonnen wird, das enthalten diese Berichte nicht. Sie lassen aber in zahlreichen Fällen unschwer erkennen, daß es sich nur um geschickte Taschenspielerstückchen, oder aber geradezu um ganz plumpe Betrügereien handelte, denen nicht nur gewöhnliche Sterbliche, sondern sogar Kaiser und Könige aufsaßen. Und gerade an den Fürstenhöfen trieb die Alchemie ihre schönsten Blüthen, und fast jeder Machthaber hielt sich seinen Hofalchemisten, den er durch Versprechungen und Ehren zu bewegen suchte, ihm das so heiß ersehnte gelbe Metall tonnenweise zu bereiten. Ein Beispiel dieser Art, das aber typisch ist, haben wir schon kennen gelernt, es ist das Leben Böttger's, welches wir als Beitrag zur Geschichte des Porzellans erzählt haben.

Ein bei den Alchemisten sehr beliebtes Kunststück war es, vor den Augen der Zuseher ein unedles Metall, wenn auch nicht vollständig, so doch theilweise in Gold zu verwandeln. Gewöhnlich wurde dann in einem Tiegel Blei geschmolzen, der Adept warf ein Körnchen einer geheimnisvollen Substanz darauf, rührte mit einem Stabe um oder bedeckte den Tiegel mit einem Stücke Kohle, und das Blei erwies sich dann stark goldhaltig. Es würde uns dieses Experiment auch heute noch glücken, wenn wir, wie diese Adepten, Tiegel mit doppelten Boden anwenden, den Zwischenraum zwischen den Böden mit Gold füllen, und den oberen Boden während des Umrührens geschickt durchstoßen würden. Wir könnten uns zu dem gleichen Zwecke auch eines ausgehöhlten, mit Gold gefüllten Rührstabes bedienen, oder den Tiegel mit einem Stücke Holzkohle bedecken, welche ausgehöhlt, mit Gold gefüllt und mit Wachs verklebt ist. Heute würde uns aber glücklicherweise niemand die Transmutation glauben, denn wir wissen, daß die Umwandlung eines Elementes in ein anderes unmöglich ist, und schon die Wage würde unseren Trick verrathen. Man würde uns das Blei in genau gewogener Menge übergeben, und nach der Transmutation dürfte es nicht mehr wiegen wie vorher. Im Zeit-

Digitized by Google

alter der Alchemie war man jedoch weder so genau, noch so kritisch. Man glaubte fest an die Möglichkeit der Transmutation, und war froh, einem solchen Wunder beiwohnen zu können.

Gerade dieser feste, unumstößliche Glaube an die Möglichkeit der Metallverwandlung ebnete aber den Schwindlern und Betrügern den Boden, und machte es ihnen leicht, ihre Taschenspielerstückchen auszuführen. Doch sind auch einige Fälle bekannt, in welchen die Adepten geradezu mit besonderem Raffinement zu Werke gingen. So wurde Cosmus I., Großherzog von Toscana (er regierte 1537 bis 1569), in folgender Weise hinter das Licht geführt.

In Toscana ließ sich ein Heilkünstler nieder, der sich Daniel v. Siebenbürgen nannte. Es gelangen ihm verschiedene wunderbare Curen, so daß sein Ansehen von Tag zu Tag stieg, sein Universalmittel war aber eine von ihm selbst bereitete Arznei. Er nannte sie „Usufur"; sie wurde so bekannt, daß „Usufur" bald in jeder Apotheke vorräthig war. „Usufur" war nicht theuer, es übte jedoch nur dann seine Wirkung, wenn es mit verschiedenen anderen Substanzen gemischt verabreicht wurde, die Mischung nahm aber Daniel stets selbst vor. Wurde er nun zu einem Kranken gerufen, so verschrieb er diesem nebst anderen Mitteln auch „Usufur", unterschlug es aber wohlweislich bei der Bereitung der Arznei, denn „Usufur" besaß einen ziemlich bedeutenden Gehalt an Gold.

Als Daniel's Ruf als Arzt den Höhepunkt erreicht hatte, machte er dem Großherzog Cosmus I. den Vorschlag, ihn die Transmutation der Metalle, mit anderen Worten die Bereitung von Gold zu lehren. Natürlich wurde ihm dies bereitwillig zugestanden. Der Alchemist schrieb dem Großherzog die Substanzen vor, mit welchen man die unedlen Metalle behandeln müsse, um sie in Gold zu verwandeln, darunter befand sich auch eine nicht unbedeutende Menge „Usufur". Im Uebrigen überließ er dem Regenten die Ausführung ganz nach seinem Belieben, und verlangte nicht einmal, der Transmutation beizuwohnen.

Der Großherzog ließ sich nach Daniel's Vorschrift alles Erforderliche aus der Apotheke holen, verfuhr genau nach der Angabe, und die Transmutation gelang über alles Erwarten, denn er erhielt recht gutes Gold. Jetzt war große Freude am Hofe von Toscana, und der Großherzog belohnte den Alchemisten, der ihm die Bereitung des Goldes gelehrt, mit 20.000 Ducaten. Trotzdem für Daniel Gold im vollsten Sinne des Wortes nur „Chimäre" hätte sein sollen, nahm er willig das fürstliche Honorar entgegen, beeilte sich aber, sich und sein echtes Gold in Frankreich in Sicherheit zu bringen. Der Großherzog setzte die Versuche mit dem gleichen Erfolge fort, denn in den Apotheken waren noch genügende Vorräthe von „Usufur" vorhanden. Endlich wurde er aber aus allen Himmeln gestürzt, denn Daniel besaß eine genügende Portion Gaunerhumor, um den Großherzog selbst in einem nicht gerade respectvollen Schreiben über sein Verfahren aufzuklären.

Auch ein Herzog von Württemberg wurde von einem Alchemisten, der Honauer hieß, in der Kunst des Goldmachens unterwiesen. Er stellte den Versuch

Digitized by Google

selbst an, mischte nach Vorschrift die Ingredienzien in einem Tiegel und stellte diesen auf das Feuer, wo er laut Vorschrift mehrere Stunden verbleiben mußte. Natürlich wollte der Herzog nicht so lange in dem heißen Laboratorium warten, er entfernte sich daher mit Honauer und seinem Gefolge, sperrte aber eigenhändig das Laboratorium ab und steckte den Schlüssel zu sich. Damit hatte aber der Alchemist gerechnet, denn nun entstieg einer im Laboratorium stehenden Kiste ein Knabe, versorgte den Tiegel mit Gold und zog sich wieder in sein Versteck zurück. Der Betrug wurde aber entdeckt, und Honauer mit den beim Betruge ertappten Alchemisten in jener Zeit zukommenden Ehren hingerichtet: er wurde in einem mit Flittergold über und über geschmückten Kleide an einem ebenfalls mit Flittergold überzogenen Galgen gehangen.

Es wäre jedoch falsch, wollten wir alle Alchemisten mit solchen Schwindlern und Betrügern in eine Gruppe stellen. Wenn sie auch alle sich mehr oder minder offen als Anhänger der Transmutation bekannten, und ihre Versuche und Experimente, ihre Bestrebungen und ihr Thun in letzter Linie immer auf die Darstellung von Gold gerichtet war, so gingen sie doch ehrlich zu Werke, und es kam ihnen nicht in den Sinn, ihre Zuflucht zu Hilfsmitteln wie die geschilderten zu nehmen. Und diesen Alchemisten verdanken wir auch zahlreiche Entdeckungen; sie waren es, die die Natur der Elemente und ihrer Verbindungen erforschten, und das Material herbeischafften, auf welchem und aus welchem das stolze Gebäude unserer modernen Chemie aufgebaut werden konnte. Zwar galt es zunächst manches tief und fest eingewurzelte Vorurtheil auszutilgen und manchen Aberglauben auszurotten — nicht zuletzt den an die Möglichkeit einer Transmutation — aber schließlich blieb die Wahrheit doch Siegerin. Heute ist das Ziel all der Chemiker, die in ihren Laboratorien ausschließlich wissenschaftlichen Forschungen sich widmen, nicht, Metalle zu veredeln, sondern einzig und allein unsere Kenntnis der chemischen Vorgänge zu vermehren und zu bereichern. Die Wissenschaft der Jetztzeit will nicht Gold machen, sie will aber auch weder schön noch gut sein. Sie sucht einzig und allein die Wahrheit, und sie weiß sie, trotz der oft verschlungenen Pfade, welche sie wandeln muß, auch zu finden. — — —

Gold und Silber waren schon den alten Völkern bekannt, das dritte Edelmetall, das Platin wurde aber erst zu Beginn des 18. Jahrhundertes entdeckt. Während aber Gold und Silber verhältnismäßig verbreitet sind, ist das Platin ein seltenes Metall, welches nur an wenigen Punkten der Erde gefunden wird. Die wichtigsten Fundorte sind Brasilien und Peru, sowie die westlichen, europäischen Abhänge des Ural.

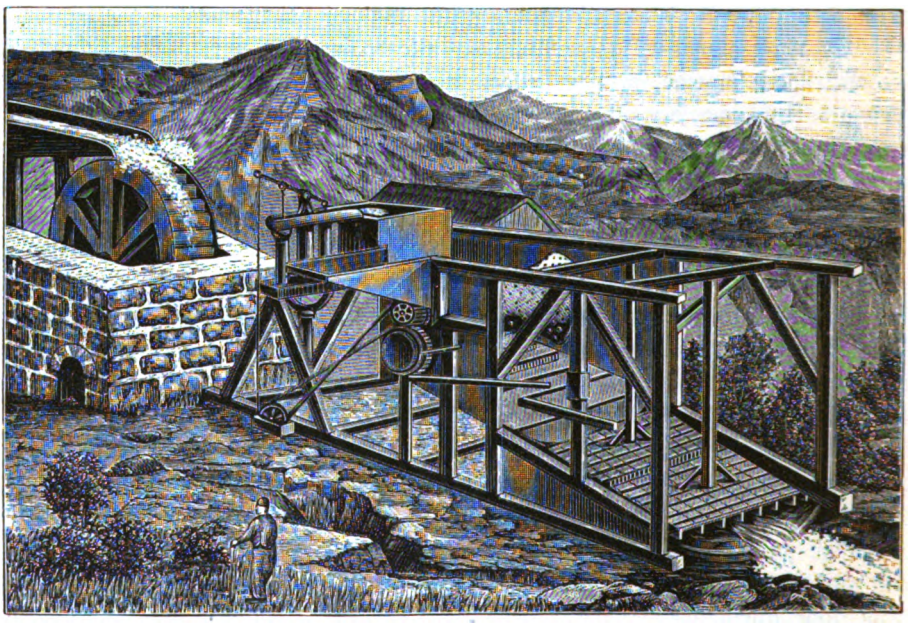
Eigentliche Platinerze giebt es nicht, sondern das Platin kommt bloß im gediegenem Zustande, allerdings nur höchst selten rein vor. Seine Begleiter sind aber die sogenannten Platinmetalle, Iridium, Rhodium, Ruthenium, Palladium und Osmium, welche ganz ähnliche chemische Eigenschaften besitzen wie das Platin selbst.

Im Ural wird das Platin gleichzeitig neben Gold gewonnen, doch bildet seine Absonderung aus den Seifenlagern mehr eine Art Hausindustrie der um-

Digitized by Google

wohnenden Bauern. Von einer technisch-industriellen Gewinnung, wie sie beispielsweise die Gewinnung des Goldes in Süd-Afrika bildet, ist hier keine Rede. Ganz einfache Vorrichtungen werden benützt, um den platinführenden Sand zu verwaschen, und daß dabei die Ausbeute recht gering ist, ja daß der ganze Vorgang geradezu als Raubbau bezeichnet werden muß, liegt auf der Hand.

Um das Platin für die verschiedenen Zwecke, zu welchen es verwendet wird, geeignet zu machen, muß es einer sorgfältigen Reinigung unterzogen werden. Die rohen Platinkörner werden zunächst mit Quecksilber behandelt, um das beigemengte Gold zu lösen, und mit Hilfe starker Magnete wird das Eisen entfernt. Dieses



Gold- und Platinwaschmaschine in Sibirien.

Rohplatin enthält dann ungefähr 76% Platin, und wird nun auf nassem oder trockenem Wege noch weiter gereinigt.

Das Platin wird gleich dem Golde von den Mineralsäuren nicht angegriffen, wohl aber von einer Lösung, welche freies Chlor enthält. Behandelt man also das in der angegebenen Weise gereinigte Platin mit Königswasser, so entsteht Platinchlorid. Dieses wird mit Chlorammon, dem bekannten Salmiak, zur Trockene verdampft, es bildet sich dann eine schön gelb gefärbte krystallinische Verbindung, der Platinsalmiak, ein Doppelsalz von Platinchlorid mit Chlorammon. Diese Verbindung ist aber ziemlich rein, sie enthält als Verunreinigung eigentlich nur Iridium, ein dem Platin sehr ähnliches Metall, während die anderen Platinmetalle in Lösung bleiben. Der Platinsalmiak wird nach dem Waschen mit kaltem

Digitized by Google

Wasser getrocknet und durch Erhitzen zersetzt. Es hinterbleibt dann Platinmetall in feinster Vertheilung, der sogenannte Platinschwamm, aus welchem Cylinder geformt werden. Diese können im glühenden Zustande auf dem Amboss zu Barren geschweißt werden.

Auf trockenem Wege gelingt die Reinigung des Platins nach dem Verfahren von Deville, indem man das Rohplatin mit Blei oder Bleiglanz schmilzt. Dabei scheidet sich das Osmium ab. Durch Schmelzen bei Luftzutritt, also durch Treibarbeit wird das Blei entfernt, es hinterbleibt jedoch bleihaltiges Platin. Wird dieses in einem Kalktiegel einer sehr hohen Temperatur ausgesetzt, so verflüchtigen sich die meisten fremden Metalle und man erhält eine Legirung von Platin mit Rhodium und Iridium, welche sich für manche Zwecke sogar besser eignet als das reine Platin. Vor allem ist sie härter und widerstandsfähiger gegen chemische Agentien. Zur Schmelzung des Platins verwendete Deville das Knallgasgebläse; der Ofen bestand aus zwei ausgehöhlten, aufeinander liegenden Kalkstücken, in welche durch eine Oeffnung die Flamme des Knallgasgebläses eingeführt wurde. Die entwickelte Hitze ist groß genug, um das Platin zu schmelzen, trotzdem sein Schmelzpunkt über 2000° liegt. Jetzt bedient man sich allerdings zu dem gleichen Zwecke des elektrischen Lichtbogens, dessen Temperatur so hoch ist, daß das Platin sogar zu verdampfen beginnt.

Eine Platin-Iridiumlegirung diente zur Anfertigung der Normalmeterstäbe und Normalgewichte, welche zu Paris unter ganz besonderen Vorsichtsmaßregeln aufbewahrt werden. In Rußland hat man versucht, das Platin zur Prägung von Münzen zu verwenden, wozu es sich auch seiner Widerstandsfähigkeit und Härte wegen ganz gut eignen würde. Doch ist der Preis des Platins viel zu wenig stabil, so daß solche Münzen in viel höherem Grade noch als dies bei den Goldmünzen der Fall ist, eine Waare, wie einen Ausdruck eines bestimmten Werthes bilden.

Dagegen ist das Platin für viele Zweige der chemischen Industrie und ganz besonders für den Chemiker ein geradezu unentbehrliches und unersetzliches Metall geworden. Concentrirte Schwefelsäure greift es nicht an, ebenso wenig geschmolzene Alkalien oder Flußsäure, und Liebig sagt daher mit Recht in seinen „Chemischen Briefen“:

„Ohne Platin wäre eine Mineralanalyse nicht ausführbar. Das Mineral muß aufgelöst, es muß aufgeschlossen, d. h. es muß zur Auflösung vorbereitet werden. Glas und Porzellan, alle Arten von nichtmetallischen Schmelztiegeln werden durch die zur Aufschließung dienenden Mittel zerstört. Tiegel von Gold und Silber würden in hohen Temperaturen schmelzen; das Platin ist wohlfeiler als Gold und dauerhafter als Silber, in den gewöhnlichen Temperaturen unserer Oefen unschmelzbar, es wird durch Säuren, es wird von kohlensauren Alkalien nicht angegriffen, es vereinigt in sich die Eigenschaften des Goldes und des unschmelzbaren Porzellans. Ohne Platin würde heute vielleicht die Zusammensetzung der meisten Mineralien unbekannt sein.“

Digitized by Google

Damit wollen wir unsere Betrachtungen über die Gewinnung und die Eigenschaften der Metalle schließen. Wir haben gesehen, daß ihre Gewinnung ausschließlich auf chemischer Grundlage beruht, daß auch sie Producte der Forschungen des Chemikers, der angewandten Chemie sind.

Neben den technisch wichtigen Metallen lernten wir aber noch eine Anzahl anderer, „seltener" Metalle kennen, die wir ihrer geringen Bedeutung wegen nur flüchtig streifen konnten. Damit soll jedoch durchaus nicht gesagt sein, daß diese seltenen Metalle nicht vielleicht doch einmal zu Ansehen und Bedeutung gelangen werden. Ihre Erze brauchen nur in größerer Menge gefunden werden, oder es bedarf nur einer Verbesserung der Darstellungsweise, um sie ebenfalls in die Reihe der technisch wichtigen Metalle einzureihen. Solche Beispiele sind Magnesium und Aluminium. Wenn diese beiden auch durchaus nicht selten sind, so war ihre Gewinnung in größerer Menge erst von dem Augenblicke an möglich, als die Methoden dazu ersonnen waren. Ein anderes Beispiel ist die Verwendung, welche Oxyde gewisser seltener Metalle zur Darstellung der Glühkörper für das Gasglühlicht gefunden haben. Vor wenigen Jahren noch dachte niemand daran, diesen Stoffen irgend einen wirthschaftlichen Werth beizumessen — und heute werden diese Erden, die nur an wenigen Stellen in größerer Menge gefunden werden, gewonnen und verarbeitet. Und wie es hier der Fall war, so kann es auch mit anderen, heute noch zu den seltenen Elementen gerechneten Metallen und ihren Verbindungen geschehen.

Aber auch das große Gebiet der Metallurgie ist noch durchaus nicht abgeschlossen. Alljährlich werden neue verbesserte Methoden, neue Apparate und Verfahren ersonnen, und es ist mehr als wahrscheinlich, daß die modernste aller Wissenschaften, die Elektrochemie, berufen ist, eine wahre Revolution auf dem Gebiete der Metallgewinnung zu bewirken.

Digitized by Google

# Die Zuckerfabrikation.

Unter den zahlreichen Stoffen, welche wir als Nahrung zu uns nehmen, spielt heute auch der Zucker eine hervorragende Rolle. Er ist lange kein Genußmittel im eigentlichen Sinne des Wortes mehr, wir müssen ihn geradezu als Nahrungsmittel ansehen, denn während noch vor hundert Jahren Zucker zu den Luxusartikeln gehörte, und nur auf den Tisch der Reichen zu finden war, fehlt er heute in keinem Haushalte, und die pro Kopf der Bevölkerung verzehrte Zuckermenge ist von Jahr zu Jahr in Zunahme begriffen.

Wenn wir das Wort „Zucker" lesen, so denken wir zunächst an den weißen Rohr- oder Rübenzucker, dessen wir uns zum Versüßen der Speisen bedienen. Der Rohrzucker oder die Saccharose ist jedoch durchaus nicht die einzige Zuckerart, welche wir kennen. Behandeln wir beispielsweise Stärkemehl mit einer Säure, so geht es in Lösung, und wird gleichzeitig in eine neue Zuckerart umgewandelt, welche wir Stärkezucker oder Dextrose nennen. Die meisten Früchte enthalten Fruchtzucker oder Lävulose, in der Milch ist eine besondere Zuckerart, der Milchzucker oder die Galaktose enthalten, und die australische Manna enthält ebenfalls eine besondere Zuckerart, die Raffinose, welche übrigens auch in sehr geringer Menge in unreifen Zuckerrüben enthalten ist.

Diese Zuckerarten nun unterscheiden sich untereinander durch ihre Eigenschaften, den Geschmack u. s. f., in chemischer Hinsicht zeigen sie aber große Aehnlichkeiten. An ihrer Zusammensetzung betheiligen sich nur drei Elemente, und zwar Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, weshalb man diese Verbindungen auch als Kohlehydrate bezeichnet. Die gleiche Zusammensetzung wie die Zuckerarten besitzen jedoch noch zwei Stoffe, die ebenfalls fertig gebildet in der Natur vorkommen, es ist dies die Stärke und die Cellulose. Beide lassen sich auch durch entsprechende Behandlung in Zucker überführen, jedoch nicht in Rohrzucker oder



Digitized by Google

Saccharose, deren wir uns vorzugsweise zu Nahrungszwecken bedienen, dagegen wird aus der Stärke der Stärkezucker fabriksmäßig gewonnen.

Seit geraumer Zeit ist das Streben zahlreicher Chemiker darauf gerichtet, Zucker künstlich, also auf synthetischem Wege im Laboratorium darzustellen. Gerade in den letzten Jahren haben diese Bestrebungen schöne Erfolge aufzuweisen gehabt, wenn es auch noch nicht gelungen ist, eine der obengenannten Zuckerarten selbst zu erzeugen. Doch hat man andere, ihrem chemischen Verhalten nach unzweifelhaft zu den Zuckerarten gehörende Verbindungen erhalten und dadurch einen wichtigen Schritt in der Erkenntnis der noch immer etwas dunklen chemischen Beschaffenheit der Zuckerarten selbst nach vorwärts gethan. Ja, es ist vielleicht der Tag nicht mehr ferne, an welchem in der Retorte des Chemikers die Synthese einer in der Natur vorkommenden Zuckerart geglückt sein wird.

Heute sind wir allerdings noch darauf angewiesen, den Zucker zu gewinnen, welchen die Natur in den grünen Pflanzenzellen entstehen läßt oder welcher im thierischen Organismus gebildet wird, wie der Rohrzucker und die Galaktose. Ferner werden durch Verzuckerung der Stärke große Mengen Stärkezucker bereitet; durch Behandlung des Rohrzuckers mit Säuren gewinnt man ein Gemisch zweier Zuckerarten, den sogenannten Invertzucker, welcher aus gleichen Theilen Lävulose und Dextrose besteht. Die Gewinnung der wichtigsten Zuckerart, der Saccharose dagegen erfolgt nahezu ausschließlich aus dem Zuckerrohre und aus der Zuckerrübe, andere Pflanzen, wie der Zuckerahorn und die Zuckerhirse, werden wohl nur äußerst selten zur Zuckergewinnung herangezogen.

Die alten Völker bedienten sich des Honigs als Süßstoff, mit dem Zuckerrohre wurden sie erst in einer viel späteren Epoche bekannt. Doch wurde nicht der darin enthaltene Zucker gewonnen, sondern man kaute es und sog den süßen Saft aus. Die Heimat dieser Pflanze dürfte wohl an der Nordküste des indischen Meerbusens zu suchen sein. Darauf läßt, außer anderen Umständen, auch die Abstammung des Wortes „Zucker" schließen, welches von dem Sanskritworte sarkura abgeleitet sein dürfte. Aus diesem Worte entstand das arabische sukhar, das persische schakar und die europäische Bezeichnungen sucre, sugar, zuchero und Zucker, Worte deren Gleichklang wohl auf eine gemeinsame Abstammung hinweist.

Die ersten Europäer, welche mit dem Zuckerrohre bekannt wurden, waren wohl die Begleiter Alexander des Großen, als dieser seinen berühmten Zug nach Indien (327 v. Chr.) unternahm. Wenigstens berichten die Schriften, welche diesen Zug verherrlichten, von einem Honig, der nicht von Bienen stammt.

In China wurde das Zuckerrohr schon seit den ältesten Zeiten gebaut, aber erst durch die Perser wurde es am Ausgange des 5. Jahrhundertes verbreitet. Als dann die Araber im Jahre 656 der persischen Herrschaft ein Ende bereiteten, lernten sie auch das Zuckerrohr kennen, und sie verpflanzten es nach Aegypten, Sicilien und Spanien.

Zur gleichen Zeit begann man auch den im Zuckerrohrsafte enthaltenen Zucker in fester Form darzustellen, und im achten Jahrhunderte wurde schon in

Digitized by Google

Persien aus Zuckerrohr veredelter, raffinirter Zucker in der heute noch üblichen „Brodform" dargestellt.

Solcher Zucker gelangte jedoch erst im Jahre 996 zum erstenmale nach Venedig. Von diesem Zeitpunkte ab begann aber schon ein geregelter Zuckerexport nach Deutschland. Im 16. Jahrhunderte vermittelte hauptsächlich Lissabon die Zuckereinfuhr aus den amerikanischen Colonien nach Europa. Nach dem dreißigjährigen Kriege ging jedoch der Handel fast vollständig an Amsterdam über und in Holland entstanden große Fabriken, welche aus dem überseeischen rohen Zucker durch Raffination ein besseres Product darstellten. Mit Beginn des 18. Jahrhundertes begannen jedoch Hamburger Raffinerien dem holländischen Zucker Con-

Gewinnung des Zuckers aus Zuckerrohr.
(Nach einem Kupferstiche von J. Stradanus, 1570.)

currenz zu machen und bis zum Beginne dieses Jahrhundertes versorgten sie fast ganz Europa mit raffinirtem Zucker, dessen Preis jedoch begreiflicherweise ein sehr hoher war. Doch wurde vor hundert Jahren überhaupt noch sehr wenig Zucker consumirt und der gesammte Zuckerbedarf Europas betrug im Jahre 1800 höchstens $2^1/_2$ Millionen Pfund. Dieser „Colonialzucker" war jedoch ausschließlich aus Zuckerrohr bereitet und konnte vermöge seiner Beschaffenheit und den mangelhaften Methoden der Gewinnung in keiner Weise mit dem Zucker concurriren, den wir jetzt zu genießen gewohnt sind.

Im Laufe der Zeit war der Bedarf an Zucker immer bedeutender geworden, er wurde nach und nach zu einem Lebensbedürfnisse, doch stand sein hoher Preis der allgemeinen Einbürgerung im Wege, und Zucker war immer noch ein Luxusartikel, welchen sich nur sehr wohlhabende Personen gönnen konnten.



Digitized by Google

Minder Bemittelte mußten mit nicht raffinirtem Zucker oder mit dem bei der Raffination abfallenden Syrup vorlieb nehmen, man war jedoch eifrig bestrebt, für den theuren Colonialzucker einen guten und billigen Ersatz zu finden und dies führte in letzter Linie zur Schaffung einer der größten Industrien, zur Fabrikation des Rübenzuckers.

Im Jahre 1747 legte der Berliner Apotheker Sigmund Marggraf der Akademie der Wissenschaften eine Abhandlung vor, in welcher er den Nachweis führte, daß in der Burgunderrübe Zucker enthalten sei. Es gelang ihm durch Behandlung der in Scheiben geschnittenen, getrockneten und gepulverten Rüben mit Alkohol bis zu 6% Zucker zu gewinnen, und er war sich der Wichtigkeit und Tragweite seiner Entdeckung wohl bewußt. Doch fehlte es ihm an den nöthigen Mitteln, seine Erfindung auszunützen, und der Vorschlag, welchen er in selbstloser Weise den Landwirthen machte, auf einfache Weise aus der Rübe Zucker herzustellen, fand keine Beachtung.

Vier Jahre nach dem Tode Marggraf's, der 1786 erfolgte, nahm sein ehemaliger Schüler Carl Achard die Versuche wieder auf, und zwar ging er zunächst daran, durch geeignete Züchtung der Rübe ihren Zuckergehalt zu erhöhen, was ihm auch in der Weise gelang, daß er die Rüben in sandreichem Boden cultivirte.

Im Jahre 1799 war er dann so weit, daß er dem König Friedrich Wilhelm III. Proben des von ihm dargestellten Rübenzuckers vorlegen konnte; in einem Schriftstücke bemerkte er gleichzeitig, daß durch die Gewinnung des Zuckers aus der Rübe „ein neuer Erwerbszweig entstehen und vielen Menschen Unterhalt geben wird, wodurch Population und Staatseinkünfte vermehrt werden".

Der König ordnete dann an, „daß sogleich in allen Provinzen Versuche im Großen mit dem Bau der Runkelrübe und der Bereitung des Zuckers daraus anzustellen seien", und Achard errichtete auch auf seinem Gute Cunern in Schlesien mit Unterstützung der preußischen Regierung die erste Rübenzuckerfabrik. Es gelang ihm zwar, 6% Zucker aus der Rübe zu gewinnen, an eine erfolgreiche Concurrenz mit dem Colonialzucker war jedoch nicht zu denken.

Daran waren jedoch nicht nur die allgemeinen Verhältnisse, sondern auch der Umstand Schuld, daß sowohl das Publicum, und besonders die Fabrikanten und Importeure des Rohrzuckers sich gegen die neue Entdeckung ablehnend verhielten. Dem Rübenzucker wurden alle möglichen schlechten Eigenschaften angedichtet, und die Rohrzuckerinteressenten boten Achard zuerst 50.000, dann sogar 200.000 Thaler, wenn er ein Werk veröffentliche, in welchem er die Möglichkeit der Darstellung des Rübenzuckers im Großen und die Eignung desselben, den Rohrzucker zu ersetzen, widerrufe. Achard ging als ehrlicher Mann auf dieses Anerbieten nicht ein. Die Entwickelung der von ihm ins Leben gerufenen Industrie zu sehen, war ihm jedoch nicht vergönnt, und er starb, heimgesucht von verschiedenen Schicksalsschlägen, als Mann ohne Vermögen, doch mit Hinterlassung eines reinen, ehrlichen Namens.

Digitized by Google

Als Napoleon im Jahre 1806 die Continentalsperre verhängte, und dadurch die Einfuhr des Colonialzuckers fast vollständig unterband, stieg der Preis desselben von 22 bis 36 Thaler im Jahre 1805, auf 200 Thaler im Jahre 1811. Dies bewirkte, daß man sich der Gewinnung des Zuckers aus der Rübe wieder zuwendete — Achard's Fabrik in Cunern war bald nach ihrer Errichtung wieder eingegangen, da der Werth des erzeugten Zuckers die Kosten des Betriebes nicht deckte — doch arbeiteten die nun gegründeten Fabriken noch immer so unvollkommen, daß sie zur Einstellung des Betriebes gezwungen waren, als mit dem Sturze Napoleon's 1814 die Continentalsperre fiel und der Colonialzucker wieder billiger wurde.

Anders lagen die Dinge in Frankreich. Hier setzte sich Napoleon für die neue Industrie ein, er begünstigte sie in jeder Weise, aber weniger um ihrer selbst willen, als vielmehr aus politischen Gründen, er hoffte nämlich durch ihr Aufblühen den englischen Handel empfindlich zu schädigen. Frankreich wurde dadurch aber auch das Land, in welchem die anfangs in sehr primitiver Weise betriebene Zuckerfabrikation manche Verbesserung erfuhr; so ist besonders die allgemeine Anwendung des Dampfes zu Heizzwecken französisches Verdienst. Im Jahre 1828 bestanden in Frankreich schon 58 Fabriken, welche 300.000 q Rübenzucker erzeugten.

Dieses Aufblühen der Zuckerindustrie in Frankreich, die günstigen Resultate, welche man dort erzielte, sowie die Erfahrungen, welche man gesammelt, regten nun auch zu neuer Thätigkeit in Deutschland und Oesterreich an. In landwirthschaftlichen Kreisen kam man den Bestrebungen der Zuckerfabrikanten willig entgegen, da der Rübenbau ein Mittel war, dem durch niedere Getreidepreise entwertheten Boden einen besseren Ertrag abzugewinnen. Zunächst wurden einige wenige Fabriken errichtet, welche jedoch gute Geschäfte machten, und von nun ab begann sich die junge Industrie langsam aber stetig zu entwickeln. Diese Entwickelung wurde aber noch dadurch wesentlich gefördert, daß die einzelnen Staaten den Rübenzucker unbesteuert ließen, ein Vorgehen, welches sich jetzt reichlich bezahlt macht. Aber auch die Technik der Fabrikation wurde bedeutend verbessert, die Ausbeuten hoben sich von Jahr zu Jahr, und nach verhältnismäßig kurzer Zeit war die junge Industrie schon so weit gekräftigt, daß sie nicht nur die Concurrenz des Rohrzuckers aushalten, sondern diesem selbst Concurrenz machen konnte.

Die Zuckerrübe ist wohl jene Pflanze, welche durch die Kunst des Menschen die meisten Veränderungen erfahren hat. Denn durch sorgsame Auswahl zuckerreicher Rüben und planmäßige Fortzüchtung derselben hat man es verstanden, die Pflanze wesentlich zu veredeln. Während die Rüben, deren sich Marggraf zu seinen ersten, grundlegenden Versuchen bediente, kaum bis 6% Zucker enthielten, züchtet man jetzt Rüben, deren Zuckergehalt in normalen Jahren 14 bis 16% und darüber beträgt. Dies kommt aber auch in den Mengen Rübe zum Ausdrucke, welche man zur Gewinnung von je 1 q Zucker benöthigt. Während man beispielsweise in den Dreißigerjahren zur Erzeugung dieser Menge 18 q verarbeitet, sank die

Digitized by Google

Menge 1870 auf circa 12 q und heute beträgt sie rund 9 q. Allerdings ist dies außer dem höheren Zuckergehalte auch den verbesserten Verfahren zur Saftgewinnung zu verdanken, doch spielt dabei die Veredelung der Rübe ebenfalls eine durchaus nicht zu unterschätzende Rolle.

Die Zuckerfabriken stehen stets nur einen Theil des Jahres im Betriebe. Sobald die Erntezeit der Rübe, welche in den Herbst fällt, gekommen ist, beginnt die „Campagne". Diese dauert zwei bis drei Monate, dann ist der Rübenvorrath aufgearbeitet und wenn dann auch die sogenannten Nachproducte und die Melasse aufgearbeitet sind, steht die Fabrik vollständig. Diese Zeit bis zum Beginne der nächsten Campagne wird benützt, um Reparaturen und Reconstructionen vorzunehmen, und den ganzen complicirten Apparat wieder in tadellosen Zustand zu versetzen.

Knauer's Imperialrübe.

Es liegt natürlich im Interesse des Zuckerfabrikanten, sein Rübenmaterial so rasch als möglich aufzuarbeiten. Denn einerseits ist die Rübe in dem Augenblicke, in welchem sie aus der Erde gehoben wird, durchaus nicht todt, sondern sie lebt fort, und zwar auf Kosten des in ihr aufgespeicherten Zuckers, welchen sie langsam verathmet, d. h. zu Kohlensäure und Wasser verbrennt. Je länger also die Rübe aufbewahrt wird, desto ärmer an Zucker wird sie und desto niederer wird auch die Ausbeute. Andererseits bringt jeder Tag, um welchen die Campagne früher beendet wird, Gewinn, und deshalb geht auch das Streben des Fabrikleiters darauf hinaus, so rasch als möglich den Rübenvorrath aufzuarbeiten.

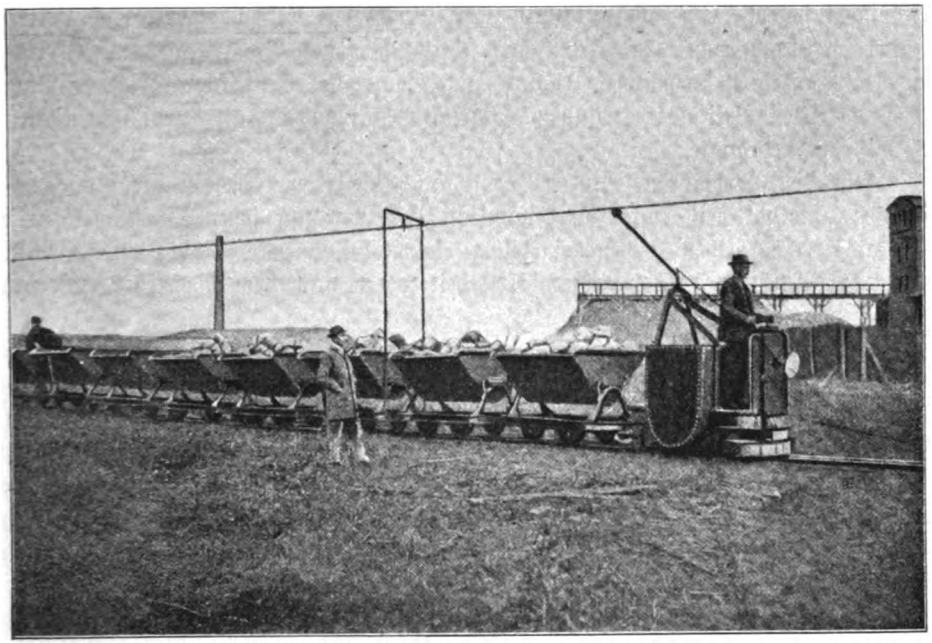
In der Zuckerfabrikation ist das Princip der Arbeitstheilung ziemlich strenge durchgeführt. Jene Zuckerfabriken, welche Rübe verarbeiten, erzeugen in den allermeisten Fällen nur ein Halbfabrikat, den sogenannten „Rohzucker", eine durch beigemengte Melasse lichtgelb bis braun gefärbte klebende Krystallmasse, welche nicht in den Handel gebracht wird und zum Versüßen der Speisen auch nur geringe Eignung besäße.

Die Herstellung des reinen, weißen Zuckers dagegen besorgen die Raffinerien, und zwar gehen sie von dem Rohzucker aus, welchen ihnen die Rohzuckerfabriken liefern. Dabei müssen wir jedoch festhalten, daß jede Rohzuckerfabrik im Stande ist, weiße Waaren zu erzeugen, und daß es gewöhnlich nur Erwägungen rein kaufmännischer Natur sind, wenn diese Arbeitstheilung zwischen den Rohzuckerfabriken und den Raffinerien aufrecht erhalten wird.

Digitized by Google

Wir wollen uns nun zunächst mit der Herstellung des Rohzuckers vertraut machen.

Die auf dem Felde der Erde entnommene Rübe wird zunächst von dem anhaftenden Schmutz befreit, dann „geköpft", d. h. des oberen, zuckerarmen Theiles, an welchem die Blätter sitzen, beraubt, endlich dann entweder nach der Fabrik oder nach den Miethen gebracht. In den Miethen wird die Rübe mit Erde bedeckt, so daß sie vom Froste nicht getroffen werden kann. Erfrorene Rüben gehen nämlich sehr rasch in Verwesung über und sind zur Verarbeitung wenig oder überhaupt



Elektrische Bahn zum Transport der Rübe nach der Fabrik.

nicht geeignet. Dagegen darf die Temperatur in den Mieten auch nicht zu hoch steigen, da sonst die Rübe zu intensiv athmen und eine zu große Menge Zucker verbrennen würde.

In der Nähe der Fabrik werden die zur Verarbeitung bestimmten Rüben in den Schwemmcanal eingeworfen. Es sind dies gemauerte oder aus gußeisernen Halbcylindern hergestellte Rinnen mit geringem Gefälle, in welchen die Rüben durch fließendes Wasser nach dem Waschhause transportirt werden. Dies ist nicht nur eine sehr billige Art des Transportes, sondern sie bringt auch den Vortheil mit sich, daß die Rüben schon einer oberflächlichen Reinigung unterzogen werden. Allerdings haftet an ihnen stets noch eine solche Menge Erde, daß sie zur Verarbeitung nicht geeignet wären.

Digitized by Google

Zum Waschen der Rüben dienen die verschiedensten Apparate. Meist sind es Lattentrommeln oder langgestreckte, mit schlitzförmigen Oeffnungen versehene Tröge, in welchen die Rüben durch schraubenförmig angeordnete Flügel vorwärtsbewegt werden, während sie gleichzeitig von Wasser bedeckt sind. Erde und Schlamm fallen durch die Schlitze durch, während die Rüben automatisch ausgeworfen werden und nun zur Gewinnung des Saftes vorbereitet sind.

Die Art und Weise der Saftgewinnung hat im Laufe der Jahre zahlreiche Wandlungen durchgemacht. Ursprünglich gewann man den Rübensaft nach dem Preßverfahren. Die Rüben wurden mittelst besonderer Reiben in einen feinen Brei verwandelt, welcher in hydraulischen oder in Walzenpressen ausgepreßt wurde. Später versuchte man den Saft durch Auslaugen des Breies mit kaltem oder warmem Wasser zu gewinnen, endlich ging man zum Centrifugalverfahren über, indem man den Brei in Centrifugen abschleuderte und den Saft durch nachfließendes Wasser verdrängte.

Alle diese Verfahren gestatten jedoch nur einen Theil des in der Rübe enthaltenen zuckerhaltigen Saftes zu gewinnen. Und zwar nur jenen Theil, welcher in den durch das Reiben geöffneten Zellen eingeschlossen war. Jene Zellen, welche unverletzt blieben, widerstehen ihrer Kleinheit wegen auch dem stärksten Drucke und lassen keinen Saft austreten.

Eine wahre Revolution auf dem Gebiete der Zuckerfabrikation rief es jedoch hervor, als in der Campagne 1865/66 Julius Robert, Besitzer der Zuckerfabrik Seelowitz in Mähren, mit dem Diffusionsverfahren hervortrat, welches heute auch allgemein und ausschließlich angewendet wird. Es beruht darauf, daß der in dünne Schnitten zerlegten Rübe der Saft durch Behandlung mit Wasser durch osmotische Vorgänge entzogen wird. Um das Princip und die Bedeutung dieses Verfahrens aber ganz zu verstehen, müssen wir etwas weiter ausholen.

Wird ein mit Wasser gefülltes, oben verschlossenes Glasrohr derart in Kalilauge, welche durch Lackmustinctur blau gefärbt wurde, getaucht, daß keine Mischung der beiden Flüssigkeiten stattfindet, so bemerken wir nach einigen Stunden, daß die blau gefärbte Kalilauge in dem Glasrohre in die Höhe gestiegen ist und daraus Wasser verdrängt hat. Es hat somit ohne äußeres Zuthun eine Wechselwirkung entgegen der Schwerkraft zwischen Wasser und Kalilauge stattgefunden. Einen solchen Vorgang, bei welchem ein Austausch zwischen zwei in Ruhe befindlichen Flüssigkeiten stattfindet, nennt man freie Diffusion.

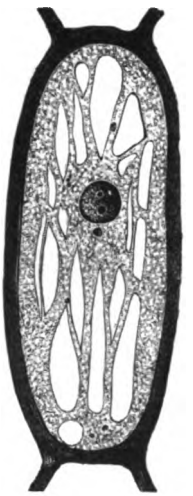
Wird eine mit Zuckerlösung nicht vollständig gefüllte thierische Blase in reines Wasser getaucht, so wird nach Verlauf einiger Stunden die früher schlaffe Blase gefüllt sein und dadurch straff gespannt. In dem die Blase umgebenden Wasser können wir jetzt aber schon durch die bloße Kostprobe Zucker nachweisen. Es hat hier also eine Wechselwirkung zwischen dem Zucker in der Blase und der diese umgebenden Wassermenge stattgefunden, obwohl die mit der Lösung gefüllte und frei aufgehangene Blase keinen Tropfen Flüssigkeit durchtreten läßt.

Digitized by Google

Eine Substanz, welche mit diesen Eigenschaften begabt ist, nennt man eine Membran, den geschilderten Vorgang selbst Membrandiffusion.

Entfernen wir nach einiger Zeit das die Blase umgebende zuckerhaltige Wasser und ersetzen wir es durch frisches, so wird sich der geschilderte Vorgang wiederholen und durch fortgesetzte Erneuerung des Wassers gelingt es endlich, den ursprünglich in der Blase enthaltenen Zucker bis auf einen ganz geringen Bruchtheil herauszubekommen, ohne die Membran zu verletzen oder zu durchbohren.

Dieselbe Wechselwirkung zwischen Wasser und dem zuckerhaltigen Safte, welcher außer Zucker noch zahlreiche andere Stoffe gelöst enthält, findet aber auch statt, wenn eine Rübenzelle oder ein Zellencomplex von Wasser umspült wird. Die Zellhaut ist im wahren Sinne des Wortes eine Membran und sie läßt daher die in der Zelle gelösten Stoffe austreten, während sie gleichzeitig dem Wasser den Eintritt gestattet.



Pflanzenzelle, sehr stark vergrößert.

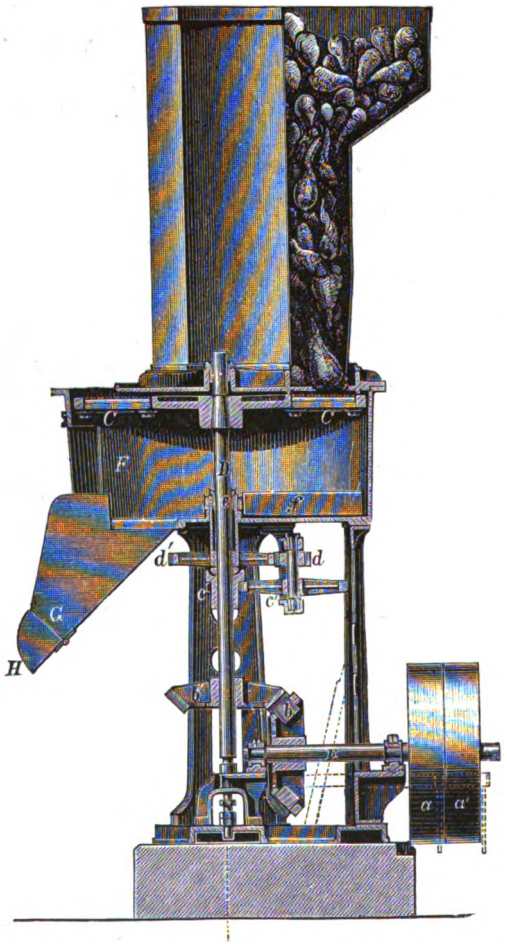
In der lebenden Zelle ist jedoch das Protoplasma, jene schleimige Substanz, welche die Zellen zum Theile erfüllt, an die Zellwand angepreßt und das Protoplasma selbst ist für die Saftströmungen von innen nach außen undurchlässig. Wird dagegen das Protoplasma durch wasserentziehende Mittel oder durch höhere Temperaturen getödtet, so schrumpft es zusammen, und dann können sich die geschilderten Vorgänge ungehindert abspielen, da nun der Zellsaft mit der Zellwand in unmittelbare Berührung tritt. Liegen mehrere Zellen aneinander, so geht der Diffusionsvorgang in folgender Weise von Statten: Jene Zellenlage, welche die oberste Schicht bildet, giebt ihre im Zellsafte gelösten Stoffe zum Theile an das umgebende Wasser ab, wodurch der Zellsaft verdünnt wird. Die Anziehungskraft, welche nun die im Ueberschusse vorhandenen Wassermoleküle auf die im Zellsafte der angrenzenden Zelle gelösten Stoffe ausüben, reicht hin, um in letzterer ebenfalls eine Störung in der herrschenden gleichmäßigen Vertheilung der Moleküle im Lösungsmittel hervorzurufen. Zucker, Salze ꝛc. treten nun in die erste Zelle ein, während der Zellsaft der zweiten Zelle gleichzeitig verdünnt wird, und so schreitet dieser Vorgang von Zelle zu Zelle fort.

Auf den geschilderten Grundsätzen beruht die Gewinnung des Zuckers durch das Diffusionsverfahren aus den unverletzten Zellen der Rübe. Da aber die erforderliche Zeit, welche der Zucker benöthigt, um aus einer im Inneren der Rübe gelegenen Zelle bis zur Peripherie zu gelangen, mit dem Wege wächst, zerkleinert man die Rübe in geeigneter Weise. Auch leitet man den Diffusionsvorgang bei höheren Temperaturen ein, wodurch ebenfalls eine Beschleunigung des Austausches stattfindet.

Die gewaschene Rübe muß also zunächst zerkleinert werden, und zwar zerschneidet man sie in etwa fingerlange und fingerbreite dünne Streifen, welche

Digitized by Google

kurzweg als „Schnitte“ oder „Schnitzel“ bezeichnet werden. Diese Zerkleinerung besorgen besondere Schneidemaschinen, deren in den „Messerkästen“ versenkte Messer auf einer Scheibe rotiren. Ueber der Scheibe erhebt sich ein Füllrumpf, welcher stets mit Rüben gefüllt erhalten wird. Durch ihr eigenes Gewicht werden die Rüben gegen die Messer gedrückt und zerschnitten.




Rübenschneidemaschine.

Die nebenstehende Abbildung zeigt eine solche Schneidemaschine im Durchschnitte. A ist der zur Aufnahme der Rüben bestimmte Rumpf, C die Scheibe mit den Messerkästen. Die Welle D ist mit der Scheibe fest verbunden; sie erhält ihren Antrieb von der Horizontalwelle E, an welcher die Riemen- und die Leerscheibe a und a' durch Vermittlung der beiden Kegelräder b und b' aufgekeilt ist. Der Auswerfer f wird durch die Zahnräder c, c', d und d', deren ersteres auf D aufgezogen ist, in langsame Umdrehung versetzt. Die Schnitte fallen in das Gehäuse F und werden durch f in den Trichter G geschoben, durch welchen sie in einen darunter stehenden Wagen fallen. Der untere Theil des Trichters kann aufgeklappt werden, um einem Verstreuen der Schnitte beim Ersatze eines gefüllten Wagens durch einen leeren vorzubeugen.

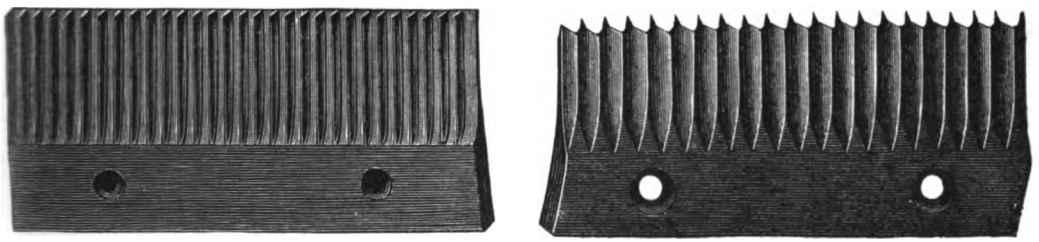
Manche wesentliche Verbesserungen und eine eigenartige Einrichtung besitzt Raßmus Centrifugalschneidemaschine (Seite 572 und 573). Hier ist der Rumpf durch ein Rohr A, welches 60 cm Durchmesser besitzt, ersetzt. A ist auf der Kopfplatte befestigt, die Führung der Welle D wird durch einen im oberen Theile angebrachten Steg gesichert. An die Kopfplatte schließt sich ein unten offener Cylinder C an. In diesem, dem feststehenden Schneidecylinder, sind acht Oeffnungen für die Messerkasten ausgesparrt, die Messer sind also am Cylindermantel angeordnet und stehen fest. Die Welle D trägt noch drei tangential und schräg gestellte gekrümmte

Digitized by Google

Flügel F. Sie theilen den Innenraum des Schneidecylinders in drei Kammern, die nach unten durch die conische Krümmung der Flügel geschlossen werden. Die Rüben fallen aus dem Rumpfrohre in diese Kammern, werden durch die rasch rotirenden Flügel an den Messern entlang geführt, durch die Centrifugalkraft an sie angedrückt, und werden auf diese Weise in Schnitte zertheilt. Die Schnitte gelangen durch den Messerkasten in das innere Gehäuse und werden hier durch den Ausräumer f ausgeworfen. Es ist leicht einzusehen, daß bei dieser Construction stets alle Messer in Thätigkeit sind, daß also die Leistungsfähigkeit der Maschine größer sein muß als jene des alten Systems.

Von der Schneidemaschine gelangen die Schnitte entweder in Wagen, welche auf Schienen laufen, oder aber durch andere Transportvorrichtungen, wie Schnecken oder Gurten ohne Ende, nach den Diffusionsgefäßen.

Die Diffusionsgefäße, gewöhnlich „Diffuseure" genannt, besitzen im Allgemeinen die Gestalt eines Cylinders, an welchen unten ein abgestumpfter Conus



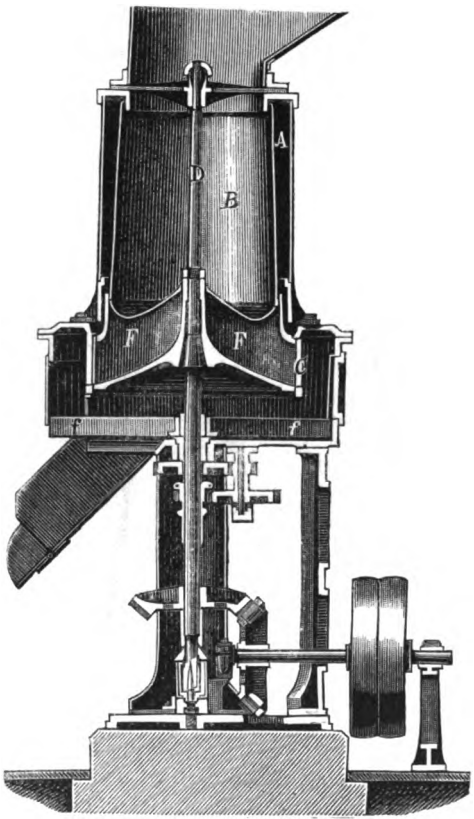
Messer zur Darstellung der Rübenschnitte.

angesetzt ist, sie werden aus starkem Kesselbleche verfertigt. Einige Centimeter oberhalb des Bodens befindet sich ein Sieb, welches das Mitreißen von Schnitten in den seitwärts angebrachten „Uebersteiger" zu verhindern hat, ebenso wird oben nach der Füllung ein Sieb aufgelegt. Die Diffuseure werden von oben gefüllt, und entleert, indem man den unteren Verschluß öffnet, worauf die ausgelaugten Schnitte herausfallen.

Die Abbildung auf Seite 574 zeigt einen Diffuseur älterer Construction im Durchschnitte. Jedes Diffusionsgefäß, deren stets acht bis zwölf zu einer Batterie vereinigt sind, ist mit der sogenannten „Armatur" versehen, den Vorrichtungen, welche die Verbindung der einzelnen Diffuseure untereinander, das Anwärmen des Saftes u. s. f. ermöglichen. In unserer Abbildung sind die verschiedenen Ventile, deren Zweck und Aufgabe uns bei Besprechung der Arbeit mit der Diffusionsbatterie klar werden wird, mit 1 bis 4 bezeichnet, 5 ist das Abflußrohr, welches nach der Anwärmevorrichtung, dem „Calorisator" b führt. Durch das Uebersteigrohr a gelangt der Saft nach dem nächsten Diffuseure, durch das Rohr b am oberen Theile des Gefäßes wird Wasser zugeleitet. Die Rohrleitung c führt nach der Scheidepfanne, das Rohr d dient zum Ableiten des Schnitzelwassers.

Digitized by Google

Um dem Safte die gewünschte Temperatur ertheilen zu können, befindet sich neben jedem Diffusionsapparate eine besondere Vorrichtung, der „Calorisator". Während der Saft den Calorisator durchströmt, wird er durch Dampf erhitzt. Der Saft tritt bei A ein, vertheilt sich durch die Rohre und hat auf diesem Wege genügend Zeit, die gewünschte Temperatur anzunehmen. Durch den Rohransatz B gelangt er dann in das nächste Gefäß. Der zur Erwärmung dienende Dampf tritt durch das Ventil D in den die Rohre umhüllenden Mantel, das Condenswasser fließt durch E in die allen Colorisatoren gemeinsame Retourleitung F ab.




Centrifugalschneidmaschine von Raßmus. (Längsschnitt.)

Die Diffusionsbatterie, welche, wie wir erwähnten, aus acht bis zwölf Diffuseuren besteht, wird in zwei einander gegenüber stehenden Reihen angeordnet, oder die Gefäße werden im Kreise aufgestellt. Die in die Diffuseure gefüllten Schnitte werden mit immer neuen Flüssigkeitsmengen behandelt, um den Zucker durch den Diffusionsvorgang zu gewinnen. Um jedoch eine zu große Verdünnung des Saftes zu vermeiden — das gesammte zur Saftgewinnung verwendete Wasser muß wieder verdampft werden — geschieht die Auslaugung der frischen Schnitte durch solchen Saft, welcher schon in allen früheren Diffuseuren mit Schnitten in Berührung war, also mit concentrirtem Rohsafte. In dem frisch gefüllten Diffuseure hat er nochmals Gelegenheit, Zucker aufzunehmen, dann gelangt er zur weiteren Verarbeitung. Die Schnitte werden nun continuirlich mit immer verdünnterem Safte und schließlich mit reinem Wasser behandelt, um ihnen durch dieses die letzten Antheile Zucker zu entziehen.

Der Saft wandert also von einem Diffuseure in den anderen und passirt schließlich noch jenen, welcher eben frisch beschickt wurde. Von einer Batterie mit 12 Gefäßen sind aber immer nur 10 in Verwendung, während das 11. entleert, das 12. frisch gefüllt wird. Das eben frisch gefüllte Gefäß wird dann bei der nächsten Umstellung der Ventile zum zweiten, dann zum dritten u. s. f., bis es

Digitized by Google

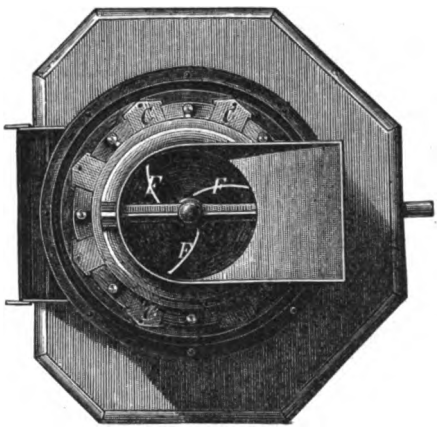
UNIVERSITY OF CALIFORNIA



endlich ausgeschaltet wird. Wir haben also auch hier das Gegenstromprincip, welches wir schon zu verschiedenen Zwecken angewendet sahen, und welches darauf beruht, die frische Substanz mit einer nahezu gesättigten Lösung, die fast erschöpfte aber mit dem reinen Lösungsmittel in Berührung zu bringen.

Die Bewegung des Saftes von einem Diffuseure in den nächsten wird dadurch bewirkt, daß man in den letzten Diffuseur Wasser unter Druck eintreten läßt. Das Wasser schiebt dann den Saft vor sich her, ohne sich mit diesem in nennenswerther Weise zu mischen. Während des Uebersteigens passirt der Saft die Calorisatoren und wird hier angewärmt.

Die ausgelaugten Rübenschnitte enthalten nur mehr ganz geringe Mengen Zucker, doch sind sie ihrer sonstigen Zusammensetzung wegen als Futtermittel zu gebrauchen. Ihrer unmittelbaren Verwendung steht jedoch der Umstand im Wege, daß sie vollständig mit Wasser vollgesogen sind; der Gehalt an Trockensubstanz beträgt gewöhnlich nur 7 bis 8%. Man muß daher den Schnitten wenigstens einen Theil des Wassers entziehen, dies geschieht entweder durch Pressen oder aber durch künstliche Trocknung.



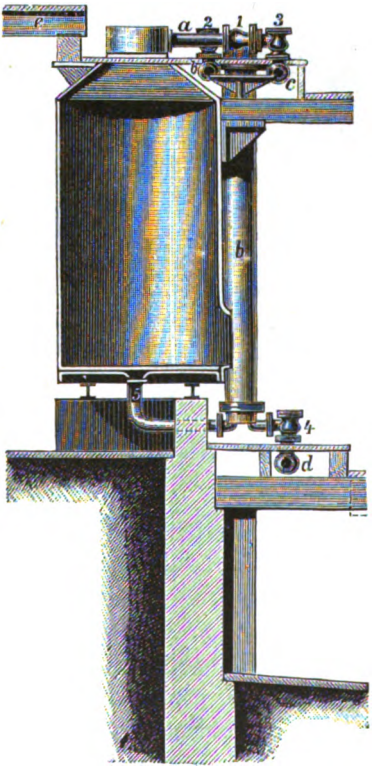
Centrifugalschneidemaschine von Raßmus. (Horizontalschnitt.)

In den Schnitzelpressen werden die aus den Diffuseuren kommenden wasserreichen Schnitte der Einwirkung zweier sich um dieselbe Achse, jedoch in entgegengesetzter Richtung drehender Schnecken mit entgegengesetzt verlaufenden Gewinden unterworfen. Durch diese Einrichtung werden die Schnitte nach unten gedrängt, gleichzeitig unterliegen sie aber einem starken Drucke, durch welchen ein Theil des Wassers abgepreßt wird. Dieses Wasser tritt in einen siebartig durchlöcherten Conus ein und wird abgeleitet.

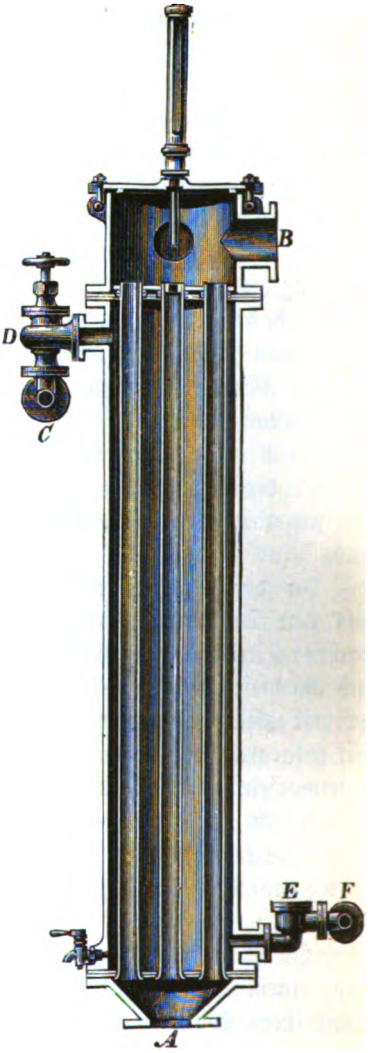
In den Trockenapparaten zur Trocknung der Diffusionsschnitte werden diese einem heißen Luftstrome entgegengeführt. Sie verlieren dabei den größten Theil ihres Wassergehaltes und verlassen den Apparat als trockene Masse, ohne jedoch verbrannt oder sonst verändert zu werden. Befeuchtet man solche getrocknete Diffusionsschnitte mit Wasser, so quellen sie auf und nehmen nach kurzer Zeit wieder ihre ursprüngliche Form und Gestalt an. Getrocknete Diffusionsschnitte können nicht nur beliebig lang aufbewahrt werden, während wasserhaltige Schnitte sehr rasch in Zersetzung übergehen, sondern sie vertragen auch einen Transport auf weitere Entfernung. Häufig werden sie mit Melasse gemischt dem Vieh verabreicht.

Digitized by Google

Der von den Diffuseuren abgezogene „Rohsaft“ ist nichts weniger als eine reine Zuckerlösung. Er enthält etwa 10% Zucker, daneben aber noch zahlreiche andere Stoffe, welche man als „Nichtzucker“ bezeichnet. Der Nichtzucker ist ein




Diffusionsgefäß. (Durchschnitt.)



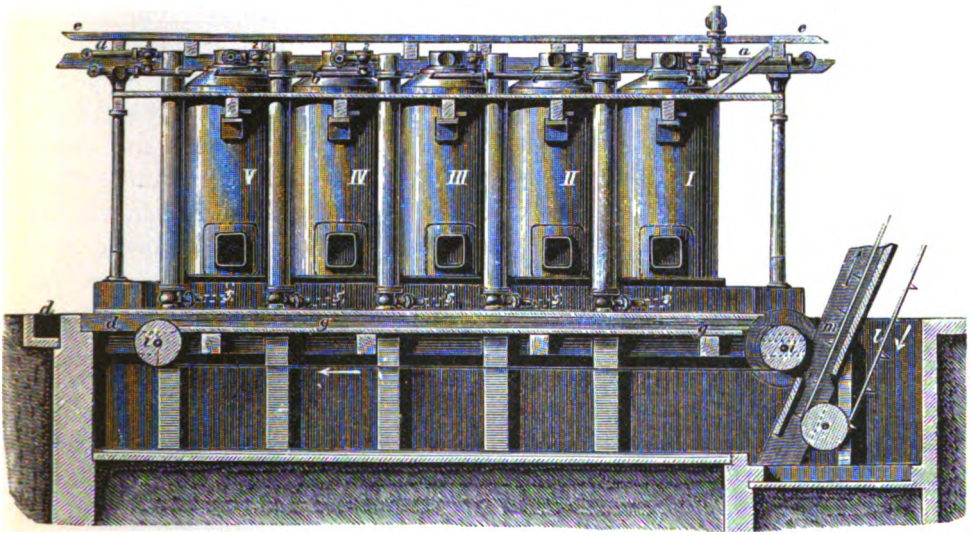

Calorisator.

Gemenge der verschiedensten Bestandtheile des Rübensaftes. Wir können in dem Rohsafte Eiweißkörper und organische Säuren, Bestandtheile der Asche der Rübe, also lösliche Salze, und endlich Farbstoffe nachweisen. Der frische Diffusionssaft ist lichtgrün gefärbt, bleibt er einige Zeit mit der Luft in Berührung, so ver-

Digitized by Google

ändern sich die Farbstoffe. Der Saft wird zunächst röthlich, dann braun, bis er endlich eine fast schwarze Farbe annimmt.

Andererseits enthält der Saft aber auch feste Bestandtheile, Zelltrümmer der Rübe, welche ihm mechanisch beigemengt sind. Um nun aus dem Safte den Zucker zu gewinnen, müssen alle diese „Nichtzuckerstoffe" entfernt werden. Würde man sie im Safte belassen, so würden sie nicht nur den Zucker verunreinigen und ihm einen höchst widerlichen Geschmack ertheilen, sondern sie würden auch die Ausbeute wesentlich erniedrigen. Und dies aus dem Grunde, da durch die Gegenwart solcher Stoffe die Krystallisationsfähigkeit des Zuckers beeinträchtigt wird. Eine vollständige Entfernung dieser Stoffe ist technisch nicht durchführbar, es



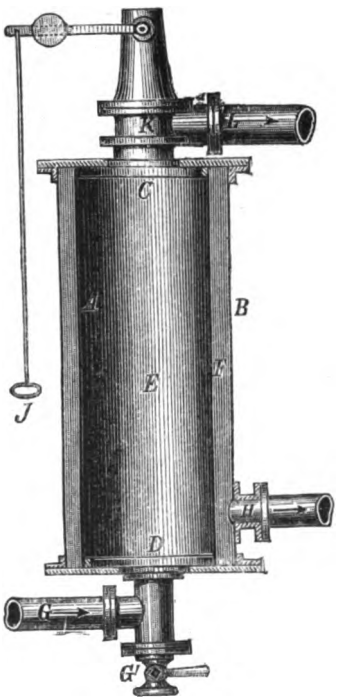

Diffusionsbatterie.

wird durch ihre Gegenwart daher immer ein Theil des Zuckers an der Krystallisation verhindert, und schließlich in Form einer nicht mehr krystallisationsfähigen, schwarzbraunen, übelriechenden und höchst widerlich schmeckenden zähen Lösung, der Melasse, gewonnen. Die Melasse wird entweder nach besonderen Verfahren verarbeitet, um den darin enthaltenen Zucker abzuscheiden, oder an Spiritusfabriken abgegeben, welche den Zucker vergähren und Alkohol darstellen; die hinterbleibende Schlempe ist, wie wir wissen, ein Rohmaterial für die Gewinnung von Potasche, da die Rübe sehr reich an Kalisalzen ist.

Zur Reinigung des Rohsaftes bedient man sich ohne Ausnahme des gebrannten Kalkes. Trägt man nämlich in den erwärmten Saft Kalkmilch ein, so bewirkt er tiefgreifende Veränderungen und Umwandlungen des Nichtzuckers, der Zucker selbst erleidet jedoch keine Veränderung. Der Kalk veranlaßt die Fällung

Digitized by Google

der organischen Substanzen, welche ein flockiges, sich zusammenballendes Gerinnsel bilden. Auch die anorganischen Bestandtheile, die Salze werden zum Theile wenigstens ausgeschieden, und endlich werden gewisse stickstoffhaltige Bestandtheile des Saftes in solcher Weise verändert, daß der Stickstoff in Form von Ammoniak abgespalten wird. In der „Scheidestation" einer Zuckerfabrik riecht es daher stets, und sogar gewöhnlich ziemlich stark nach Ammoniak. Man hat auch versucht, dieses Ammoniak, dessen Menge durchaus nicht unbedeutend ist, zu gewinnen, die darauf abzielenden Verfahren konnten jedoch aus technischen Gründen in der Praxis nicht Fuß fassen.



Pülpefänger von Mik.

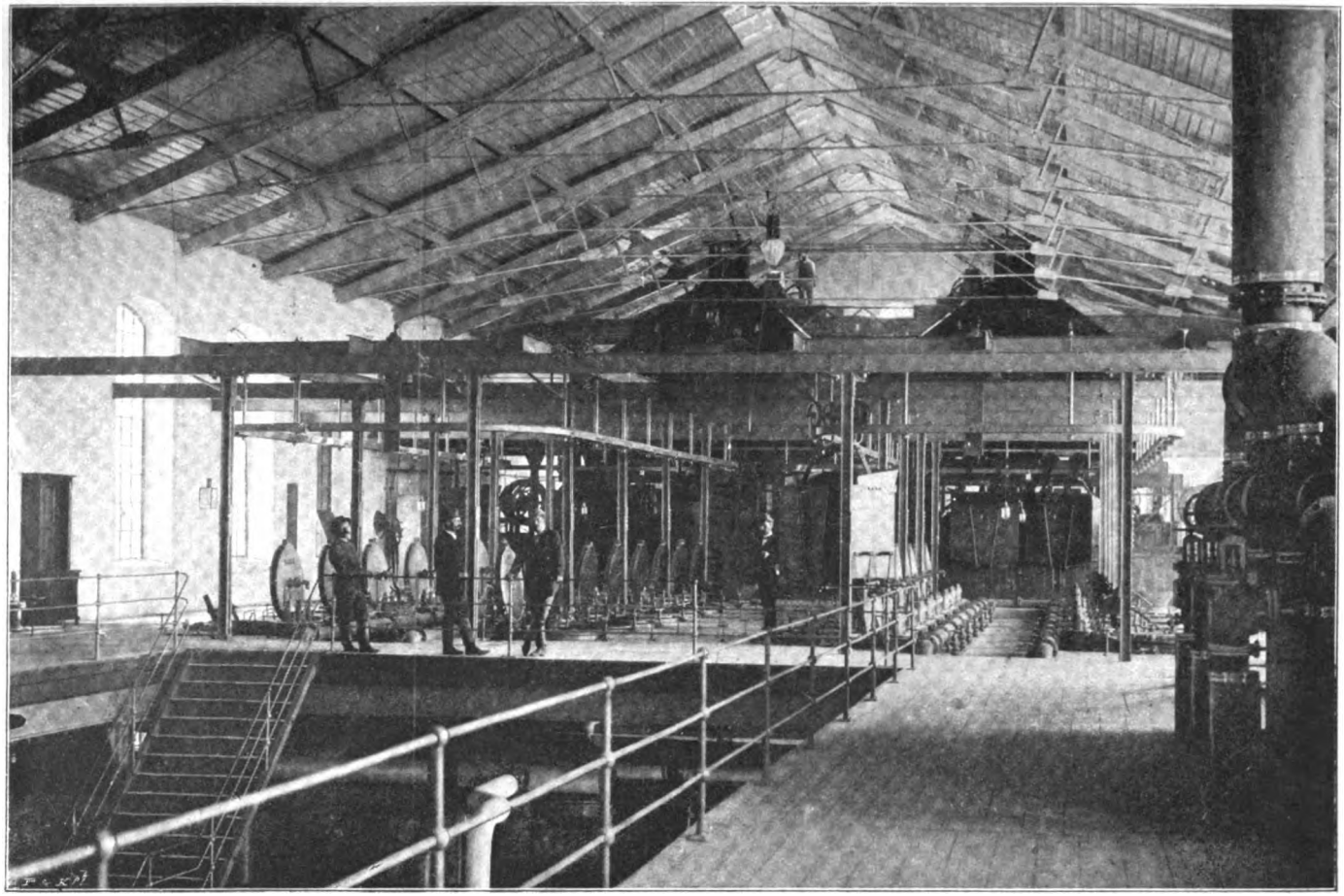
Der geschiedene Saft bildet eine klare, goldgelb gefärbte Flüssigkeit, welche durch gelösten Aetzkalk alkalisch reagirt. Um nun den Kalk zu entfernen, leitet man Kohlensäure ein, wodurch der Kalk als kohlensaurer Kalk gefällt wird. Man vermeidet es jedoch, allen Kalk auszufällen, sondern treibt die „Saturation", wie dieser Vorgang geheißen wird, nur so weit, daß noch eine geringe Menge Kalk gelöst und der Saft alkalisch bleibt. Die alkalische Reaction schützt den Saft vor verschiedenen, durch Fermente hervorgerufene nachtheiligen Veränderungen, welche mit einer Zerstörung oder Umwandlung des Zuckers verbunden wären.

Scheidung und Saturation wurde früher getrennt vorgenommen. Man versetzte den Rohsaft mit Kalk und ließ den entstehenden Niederschlag absitzen, dann wurde der klare Saft abgezogen und mit Kohlensäure behandelt. Jetzt nimmt man die Scheidung und die Saturation in einer Operation vor, indem man in den geschiedenen Saft, der noch die Gesammtmenge des Scheideschlammes enthält, unmittelbar Kohlensäure einleitet. Dieses Verfahren wird „Schlammsaturation" genannt.

Bevor jedoch der Saft in die Scheidepfanne eintritt, muß er gewöhnlich noch die sogenannten „Pülpefänger" passiren, deren Aufgabe es ist, die im Safte suspendirten Zelltrümmer, welche durch den Kalk in einer für die Ausbeute nachtheiligen Weise verändert würden, sowie durch Erwärmung abgeschiedene Eiweißkörper zurückzuhalten. Dies wird dadurch erreicht, daß der Saft mit Filtertuch belegte Drahtgitter oder sehr engmaschige Siebe passiren muß.

So besteht der Pülpefänger von Mik aus einem Mantel mit Ober- und Unterdeckel, zwischen welchen ein engmaschiger Siebcylinder eingeschaltet ist, der den Innenraum in zwei Theile theilt. Der Innenraum ist mit dem Zuleitungs-

Digitized by Google



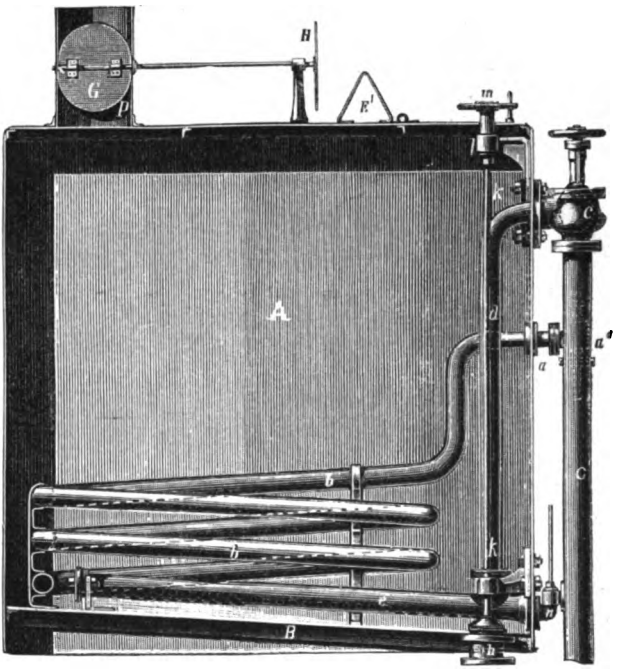
Diffusionslocale einer Zuckerfabrik.

Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

Digitized by Google

rohre für den Diffusionssaft, sowie mit dem Ableitungsrohre für die Pülpe verbunden, der zwischen dem Siebcylinder und dem äußeren Mantel liegende Raum dient zur Ableitung des filtrirten Saftes. In unserer Abbildung ist mit A der Siebcylinder, der Mantel mit B, die Deckel mit C und D bezeichnet. Der Siebcylinder trennt die Räume E und F. Der Diffusionssaft tritt durch das mit dem Ablaßhahne G' versehene Zuleitungsrohr G ein, dringt durch die Löcher des Siebes in den Ringraum F und wird durch das Rohr H abgeleitet. Die Pülpe bleibt in E zurück und steigt in Folge des Druckes, unter welchem der Saft einströmt, immer höher, bis der Innenraum erfüllt ist. Wird dann mit Hilfe der Handhabe J das Ventil K geöffnet, so wird die Pülpe durch den Druck automatisch durch L fortgeleitet.




Scheide- und Saturationspfanne.

Nun gelangt der entfaserte Saft nach der Scheide- und Saturationsvorrichtung. Sie besteht aus einem großen viereckigen, allseits geschlossenen eisernen Kasten A, dessen Innenraum durch den Deckel zugänglich ist, welcher sich, wenn geöffnet, an die Stütze E' lehnt. P ist der Abzug für die Dämpfe, er kann von H aus durch die Klappe G verschlossen werden. Die Scheidung und Saturation muß bei höherer Temperatur vorgenommen werden, das Erhitzen des Saftes geschieht durch Dampf, welcher den Scheideapparat durch das mehrfach gewundene Schlangenrohr b durchströmt. Der Boden B des Kastens ist nach einer Seite hin ziemlich stark geneigt, um Saft und Schlamm ableiten zu können. Die Ableitungsöffnung h ist durch ein Ventil, welches an der Spindel k befestigt ist und mit Hilfe des Handrades m gehoben und gesenkt werden kann, verschlossen.

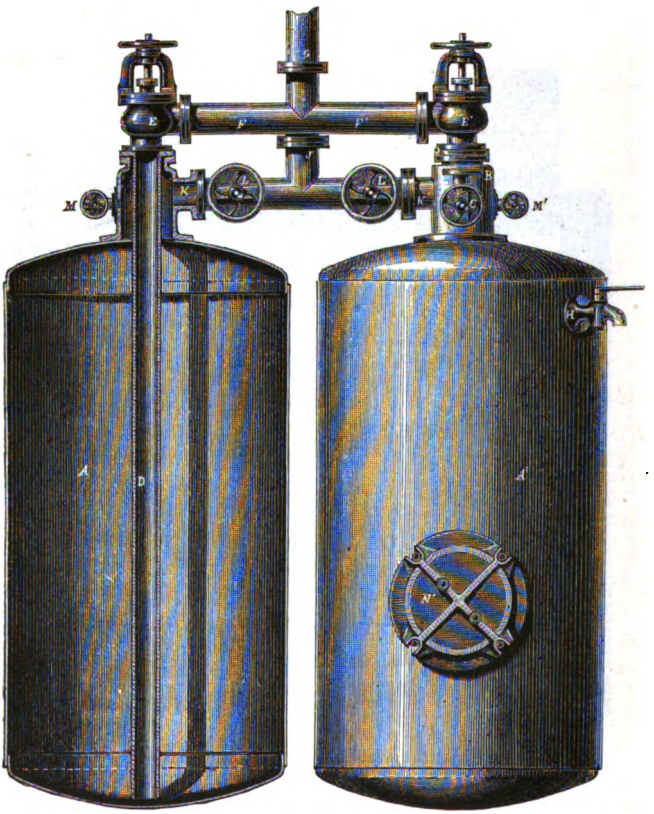
Die Zuleitung der zur Saturation dienenden Kohlensäure erfolgt durch das Rohr d, welches in ein am Boden des Kastens liegendes Rohr e mündet. Dieses Rohr ist mit zahlreichen engen, nach abwärts gerichteten Löchern versehen, welche



Digitized by Google

die Kohlensäure in zahlreichen kleinen Blasen austreten lassen, so daß sie mit dem Safte innig gemischt wird.

Der Dampf spielt in der Zuckerfabrikation eine große Rolle. Während man früher das Anwärmen des Saftes in besonderen Pfannen, die durch directe Feuerung erhitzt wurden, vornahm, und daher sowohl von der Diffusion wie von der Scheidung und Saturation den Saft immer wieder nach der Wärmepfanne führen mußte, verwendet man heute ausschließlich in allen Stationen der Zuckerfabrik, also sowohl bei der Diffusion als auch bei der Scheidung und Saturation, sowie zum Verdampfen und Verkochen Dampf als Heizmaterial. Er dient aber auch, um die verschiedenen Pumpen in Bewegung zu setzen, und kann endlich auch dazu verwendet werden, den Saft zu heben. Dies geschieht mit Hilfe der sogenannten Saftheber oder Montejus.



Saftheber (Montejus).

Diese Saftheber bestehen aus zwei Cylindern AA', welche aus starkem Kesselbleche verfertigt sind. In den Hals B tritt an jedem Apparate ein Rohr ein, welches durch das Ventil C abgesperrt werden kann. Diese Rohre stehen mit der Saftgewinnungsstation in Verbindung und dienen zum Füllen der Saftheber. Ferner ist jeder Cylinder mit dem frei über dem Boden endenden Rohre D versehen, diese Rohre können durch die Ventile EE' verschlossen werden. Von hier zweigen zwei Rohre F und F' ab, die sich in G vereinigen und nach dem Behälter führen, nach welchem der Saft befördert werden soll. An jedem Cylinder ist ferner ein Lufthahn H angebracht, aus welchem Saft ausfließt, sobald der Apparat gefüllt ist.

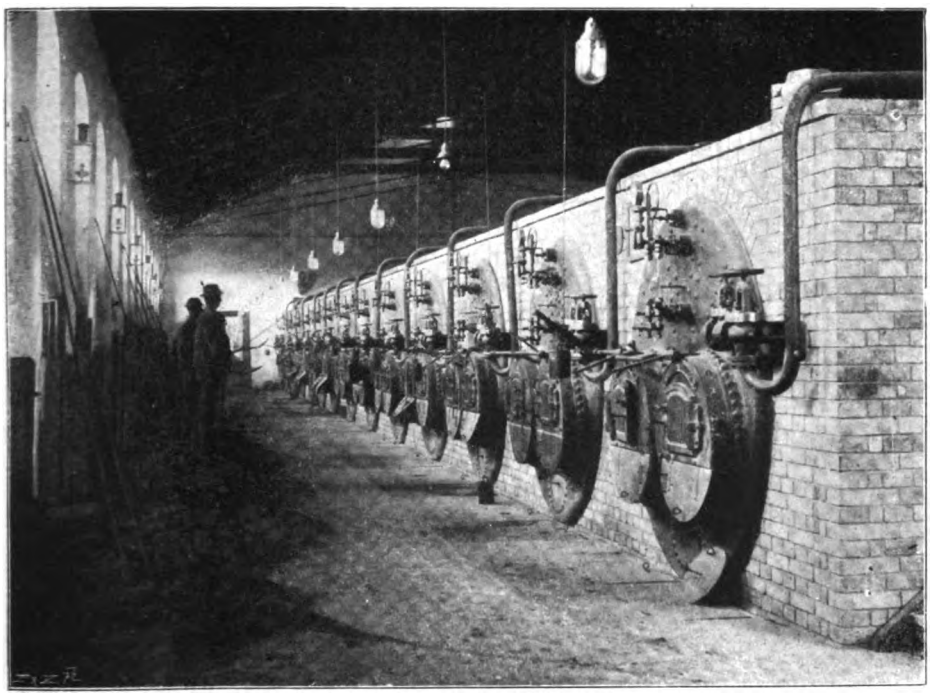
Ist nun ein Cylinder mit Saft gefüllt, so wird durch das Rohr J, welches sich in die beiden Arme KK' theilt, Dampf von höherer Spannung zugeleitet.

Digitized by Google

Der Dampf drückt dann auf den Saft und zwingt ihn, durch das Rohr G abzufließen. Während auf diese Weise ein Cylinder entleert wird, wird der zweite gefüllt, so daß der Montejus unausgesetzt in Thätigkeit bleibt.

In jeder Zuckerfabrik wird daher eine große Menge Dampf verbraucht, und das Kesselhaus einer modernen Zuckerfabrik ist eine imposante Anlage, die während einer Campagne eine gewaltige Menge Kohle in Energie verwandelt.

Die Kalkmenge, welche zur Scheidung benöthigt wird, beträgt je nach der Beschaffenheit der zu verarbeitenden Rübe 2 bis 4 kg pro 100 kg Rübe. Sowohl



Kesselhausanlage einer Zuckerfabrik.
(Ausgeführt von der Maschinenbau-Actiengesellschaft vormals Breitfeld, Danek & Co., Prag, Karolinenthal.)

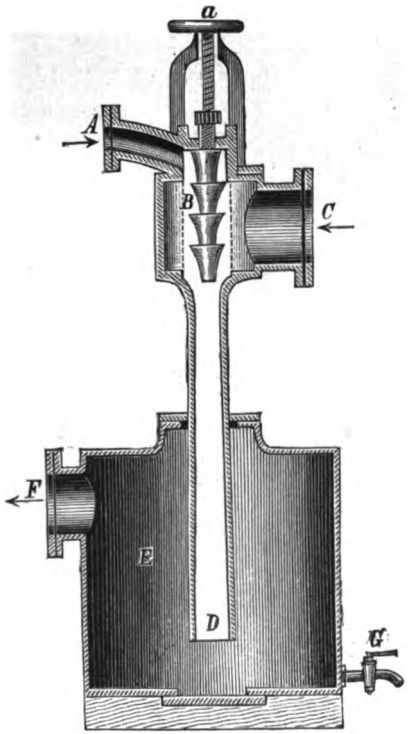
den Aetzkalk als die zur Saturation nöthige Menge Kohlensäure bereitet sich jede Zuckerfabrik selbst, und zwar durch Brennen eines reinen Kalksteines in Kalköfen, welche gleichzeitig auch die Gewinnung der Kohlensäure gestatten. Zu diesem Zwecke sind die Kalköfen oben geschlossen und mit einem Ableitungsrohre für die Kohlensäure versehen. Als Brennmaterial dient gewöhnlich Kohle oder Coaks, um jedoch eine Verunreinigung des Kalkes durch die Asche des Brennmaterials zu vermeiden, werden in neuerer Zeit Kalköfen mit Generatorfeuerung angewendet. Die aus dem Brennmaterial erzeugte Kohlensäure mischt sich mit der durch den



Digitized by Google

Brennproceß aus dem Kalksteine abgespaltenen; das abziehende Saturationsgas enthält circa 25% Kohlensäure.

Ehe die Kohlensäure in die Saturationspfanne eintritt, wird sie in Waschvorrichtungen mit Wasser behandelt, um mitgerissene Flugasche zurückzuhalten. Der natürliche Druck, unter welchem die aus dem Kalkofen entweichende Kohlensäure steht, ist jedoch nicht groß genug, um die verschiedenen Widerstände, denen das Gas auf seinem Wege ausgesetzt ist, zu überwinden. Man schaltet daher an geeigneter Stelle Vorrichtungen ein, welche einerseits die Kohlensäure absaugen, andererseits sie nach den Saturationspfannen pressen. Es sind dies entweder doppelwirkende Saug- und Druckpumpen oder Dampfstrahlgebläse.



Dampfstrahlgebläse.

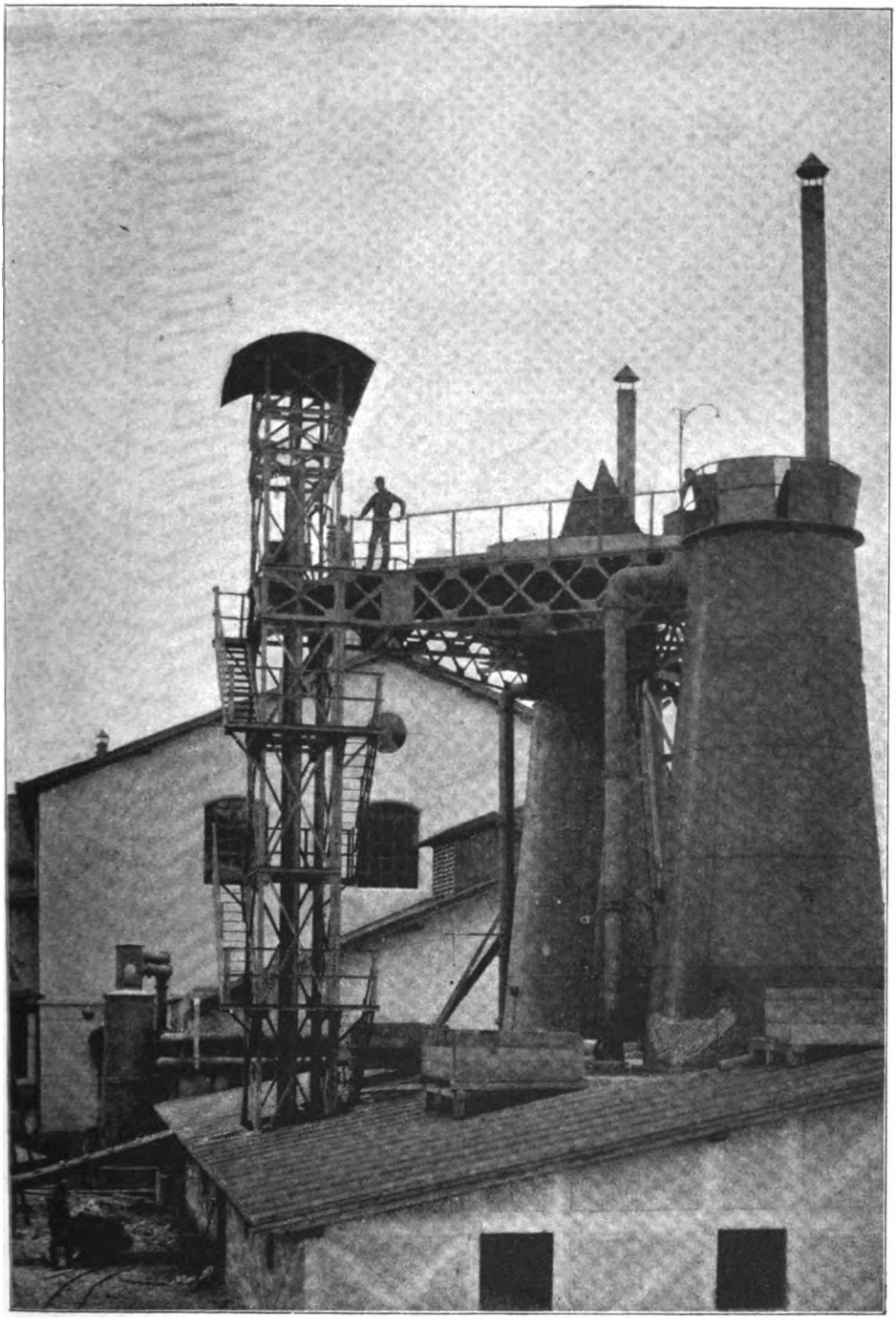
Die Wirkung der Dampfstrahlgebläse beruht darauf, daß sich die Geschwindigkeit des aus einer engen Oeffnung ausströmenden Dampfes auf die diese umgebende Kohlensäure fortpflanzt und sie mitreißt.

Der Dampf tritt bei A ein, und saugt bei B die durch die Leitung C eintretende Kohlensäure an. Das Gemenge von Dampf und Kohlensäure strömt bei D in den Kasten E, in welchem sich ein großer Theil des aus dem Dampfe condensirten Wassers absetzt, das Condenswasser wird durch G entfernt, während die Kohlensäure durch F ausgeblasen wird.

Ist die Scheidung und Saturation vollzogen, so muß nun als nächste Operation die Trennung des Saftes von dem Schlamme vorgenommen werden. Dabei ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß der Schlamm mit großer Hartnäckigkeit Zucker zurückhält, welcher nach Möglichkeit gewonnen werden muß, da sonst im Laufe der Campagne empfindliche Verluste entstehen. Zur Trennung des Saftes vom Schlamme und zur „Aussüßung" des letzteren bedient man sich der sogenannten „Filterpressen". Es sind dies Apparate, welche nicht nur in der Zuckerfabrikation, sondern noch in zahlreichen anderen chemischen Industrien angewendet werden, und welche wir nun näher besprechen wollen.

Die Filterpressen zeichnen sich durch große Leistungsfähigkeit aus, und diese ist dadurch bedingt, daß der abzufiltrirende Schlamm in sehr dünner Schicht auf der filtrirenden Fläche ausgebreitet und die Filtration selbst durch Druck beschleunigt wird. Der Schlamm wird in Kammern gebracht, welche eine große Fläche, aber

Digitized by Google



Kalkofen einer Zuckerfabrik.

Ausgeführt von der Maschinenbau-Actiengesellschaft vorm. Breitfeld, Daněk & Co., Prag-Karolinenthal.

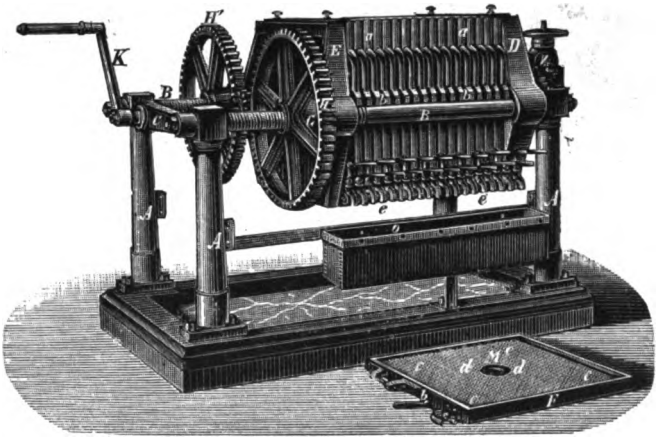
Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

Digitized by Google

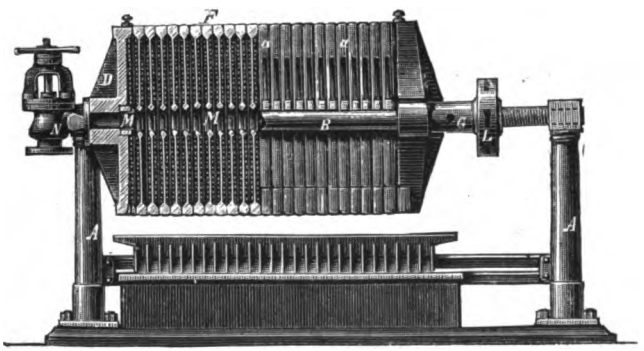
nur eine geringe Tiefe besitzen, die großen Flächen werden mit dem Filtertuche überkleidet. Beträgt die Höhe und Länge dieser Kammern 650 mm und die Tiefe 40 mm, und werden 24 solcher Kammern in einer Filterpresse aneinandergereiht, so entspricht dies einer filtrirenden Fläche von rund 20 m².

Die nebenstehenden Abbildungen zeigen uns eine Filterpresse in perspectivischer Ansicht und im Längsschnitte. Die Presse wird von vier Säulen A getragen, diese sind durch die Längsstücke B, das Endstück C und durch das Widerlager D verbunden. Die Filterkammern a sind zwischen dem festen Widerlager D und dem auf den Trägern B verschiebbaren Kopfstücke E angeordnet. Sie sind aus



Filterpresse. (Ansicht.)

je zwei Rahmen F zusammengesetzt, welche mit Hilfe der Traghaken b auf dem Längsstücke B aufgehangen und durch das Kopfstück E zusammengepreßt werden. Zu diesem Zwecke sind die Enden der beiden Träger B mit Schraubengängen versehen, auf welchen sich die Schraubenmuttern G bewegen; die Enden der Muttern stützen sich auf das Kopfstück E. Die Bewegung der Muttern erfolgt durch zwei an ihnen befestigte Zahnräder HH', in welche das Zahnrad l eingreift; dieses sitzt auf einer Spindel, welche durch das Verbindungsstück C geht und durch die Kurbel

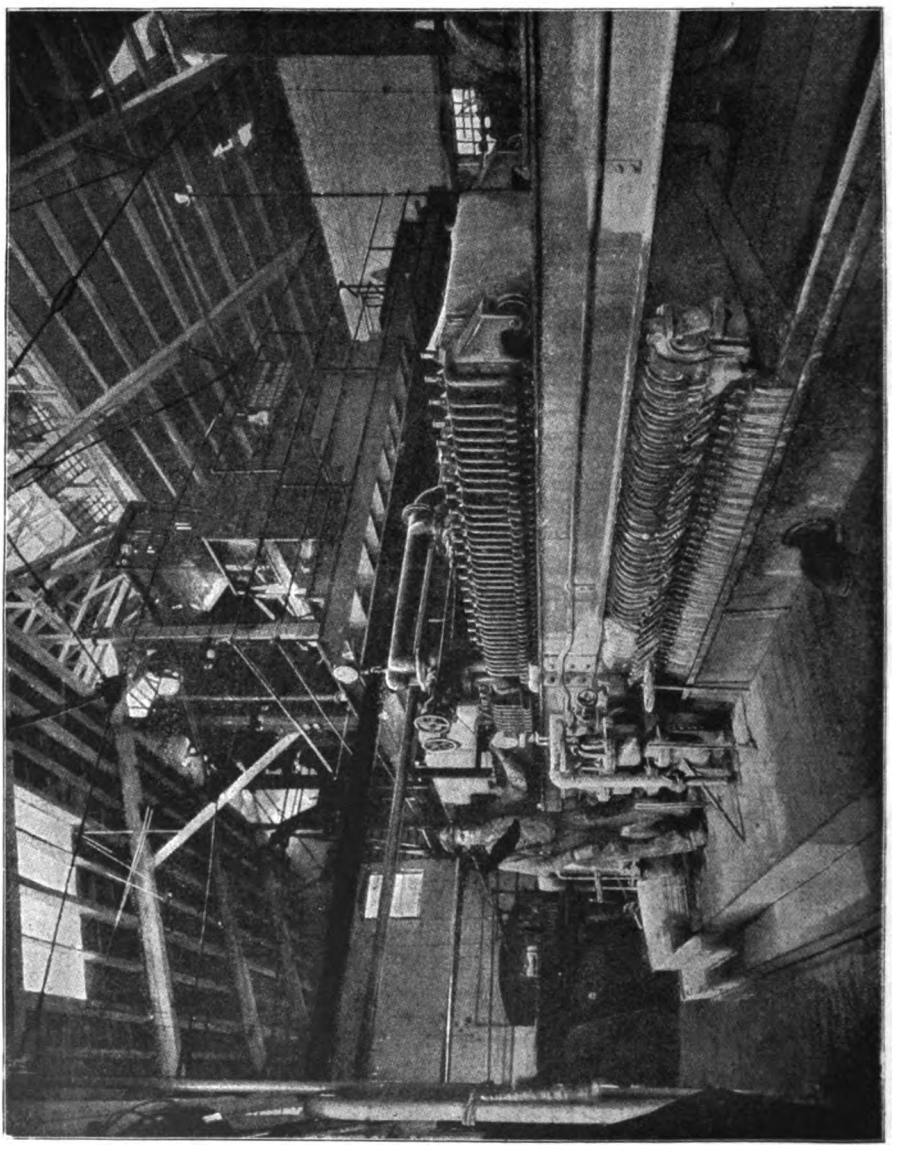


Filterpresse. (Längenschnitt.)

K gedreht wird. In der obenstehenden Abbildung ist die Kurbel durch die an beiden Schraubenmuttern G angebrachten Kopfstücke L ersetzt, in deren Vertiefungen als Hebel dienende Eisenstangen eingesteckt werden. Die Rahmen F bestehen aus einer, beiderseits mit Riefen versehenen Platte, die Riefen verlaufen

Digitized by Google

in verticaler Richtung. Diese Platten sind beiderseits mit durchlochten Platten d bedeckt, welche durch Schrauben c befestigt sind. In der Mitte der Platten befindet sich ein weiter, kreisförmiger Ausschnitt, mit welchen sie sich an den.



Filterpressenlocal einer großen Zuckerfabrik.

Rand der in der inneren Platte angebrachten, correspondirenden Oeffnung M legen. Wird nun eine Anzahl solcher Rahmen aufeinander gelegt, so bilden je zwei eine allseits geschlossene Kammer. Die Oeffnungen M vereinigen sich zu einem

Digitized by Google

in der Mitte verlaufenden Canal, welcher mit allen Kammern communicirt, durch das Endstück D hindurchführt und durch das Ventil N mit der Saft- und Schlammzuleitung in Verbindung steht.

Ueber die gelochten Platten d werden die Filtertücher gebreitet, und zwar in solcher Weise, daß sie etwas über die Ränder der Rahmen hervorsehen. Werden dann die Rahmen aneinandergepreßt, so werden hierdurch einerseits die Tücher in ihrer Lage erhalten, andererseits aber die Rahmen durch die Tücher selbst am Rande gegeneinander abgedichtet. Um jedoch den mittleren Canal freizuhalten und das Eindringen von Schlamm in die für den Saftablauf bestimmten Räume zwischen den gelochten Platten und den Riefen zu verhüten, sind je zwei Tücher in solcher Weise zusammengenäht, daß in der Mitte eine der Größe des Ausschnittes in den Platten gleiche, runde Oeffnung verbleibt. Eines der Tücher wird durch die Oeffnung im Rahmen geschoben und beide dann glatt über der gelochten Platte ausgebreitet. Wird dann die Presse zusammengestellt, so ist auch jede Kammer im Inneren mit einem Sacke aus Filtertuch ausgekleidet, welcher den Schlamm zurückhält, dem Safte jedoch den Durchgang gestattet. Der in den Raum zwischen den gelochten und den gerieften Platten getretene Saft fließt durch die Hähne e in den Trog O, von wo er weitergeleitet wird.

Soll eine Filterpresse in Verwendung kommen, so wird zunächst in die geschlossene Presse so lange Dampf eingeleitet, bis dieser bei allen geöffneten Ablaßhähnen austritt. Es hat dies den Zweck, eine Abkühlung des Schlammes zu vermeiden, da die Filtration bei höherer Temperatur besser von Statten geht. Hierauf wird durch N langsam das von der Scheidepfanne kommende, unter Druck stehende Gemisch von Saft und Schlamm eintreten gelassen, worauf sich der Schlamm gleichmäßig in den Kammern der Presse vertheilt und bei den Hähnen e klarer Saft abläuft.

Ist die ganze Presse mit Schlamm gefüllt, so hört endlich der Saft zu fließen auf. Es handelt sich nun darum, den von den Kuchen mechanisch zurückgehaltenen zuckerhaltigen Saft zu gewinnen. Man leitet nun Wasser unter Druck in die gefüllte Presse, welches jeden Schlammkuchen durchdringt und den Saft vor sich herschiebt. Dazu ist eine verhältnismäßig geringe Wassermenge erforderlich, so daß die Kosten der Verdampfung desselben weniger betragen, als der Werth des auf diese Weise gewonnenen Zuckers.

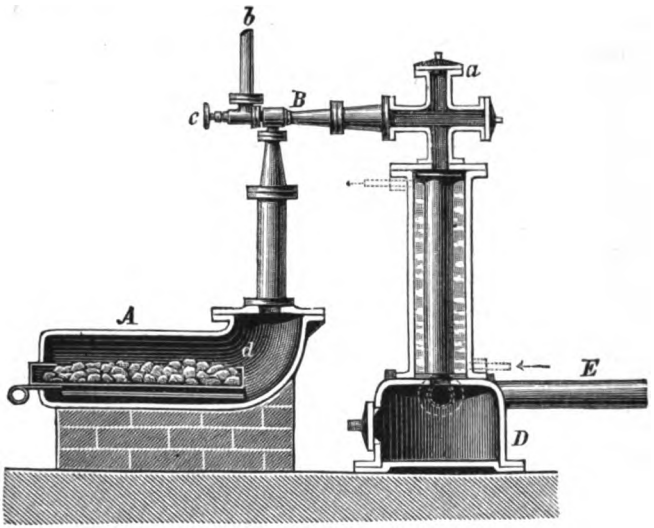
Ist die Presse ausgesüßt, so werden die einzelnen Platten auseinandergenommen, worauf die Schlammkuchen herausfallen. Der Scheideschlamm enthält außer Kalk stickstoffhaltige Substanz, dann Phosphorsäure und Kali und wird als Düngemittel verwendet.

Der filtrirte Saft von der ersten Saturation wird abermals in die Saturationspfanne gebracht und neuerdings mit Kalk und Kohlensäure behandelt, jedoch unter Verwendung einer geringeren Kalkmenge. Dann wird der Schlamm in Filterpressen zurückgehalten und der Saft mit oder ohne Kalkzusatz zum drittenmale der Saturation unterzogen.

Digitized by Google

An Stelle der dritten Saturation wird in vielen Fabriken auch eine Behandlung des Saftes mit schwefliger Säure vorgenommen. Es wird dadurch ebenfalls eine Reinigung und auch eine Bleichung des hellgelb gefärbten Saftes erzielt.

Die Gewinnung der schwefligen Säure erfolgt durch Verbrennen von Schwefel, und zwar dient dazu der unten abgebildete Apparat. Der brennende Schwefel wird auf der Pfanne d in die Retorte A eingeführt, das Dampfstrahlgebläse B saugt continuirlich Luft durch die Vorrichtung und preßt die entstandene schweflige Säure vor sich her. Mit b ist das Dampfzuführungsrohr, mit c das Ventil zu dessen Regelung bezeichnet. In dem mit einem Mantel umgebenen Cylinder wird die schweflige Säure abgekühlt, gleichzeitig verdichten sich hier mitgerissene Schwefeldämpfe. Der verdichtete Schwefel sammelt sich in D an, die schweflige Säure gelangt dann durch das Rohr E nach den Saturateuren.



Ofen zur Erzeugung der schwefligen Säure.

Nach beendeter Saturation ist der dünne Saft, welcher alkalisch reagiren muß, immer noch nicht vollkommen blank und er muß daher, bevor er in den Verdampfungsapparat gelangt, noch einer Filtration unterzogen werden. Früher bediente man sich zu diesem Zwecke ganz allgemein der Spodiumfilter. Seit Einführung der Schlammsaturation und der mehrfachen Saturation hat man in den Rohzuckerfabriken die theueren Spodiumfilter fast ganz aufgegeben und bedient sich an ihrer Stelle der sogenannten mechanischen Filtration.

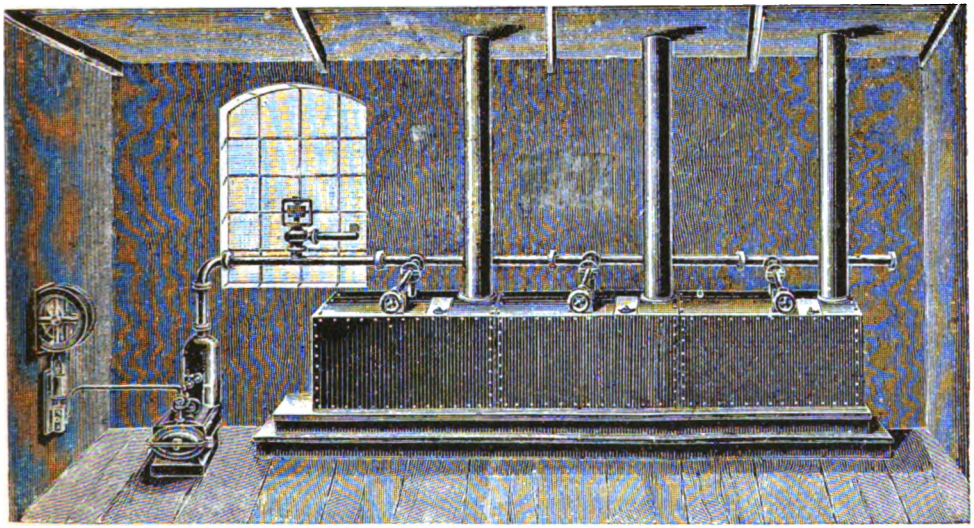
Der Saft wird hier über Kies oder aber durch dichte Gewebe filtrirt. Die Patentliteratur ist überreich an solchen mechanischen Filtrirvorrichtungen, die deshalb als „mechanische" Filter bezeichnet werden, da mit der Filtration über Knochenkohle auch eine chemische Reinigung des Saftes verbunden war. Die Knochenkohle besitzt nämlich die Fähigkeit, dem Safte Kalk zu entziehen und festzuhalten, außerdem wirkt sie auch entfärbend.

Wohl das am häufigst angewendete mechanische Filter ist Dehne's Excelsiorfilter. In seiner Einrichtung ist es den Schlammfilterpressen ganz ähnlich, es besteht aus aneinandergereihten Filterkammern, deren einzelne Platten mit

Digitized by Google

dichten Jute- und Baumwollgewebe belegt sind. Um einen vollständig blanken Saft zu erzielen, muß die Filtration langsam und unter geringem Drucke vorgenommen werden.

Der Dünnsaft, welcher nach der Verdampfstation gelangt, enthält 8 bis 10% Zucker, er muß nun so weit concentrirt werden, daß aus der Lösung schließlich Zucker auskryllstalisirt. Dieser Krystallbrei, welcher endlich erhalten wird, enthält 90 bis 98% Trockensubstanz. Eine einfache Rechnung ergiebt nun, daß auf je 100 kg Rübe rund 170 kg Dünnsaft, einschließlich aller Abfüßwässer, die ja ebenfalls Zucker enthalten, entfallen. Um nun den Dünnsaft von 1000 kg Rübe zu Füllmaße zu verkochen, müssen 153.000 kg Wasser verdampft werden. Nun verarbeitet



Ansicht einer Saturationsanlage für schweflige Säure.
(Construction der Firma A. L. G. Dehne in Halle a. S.)

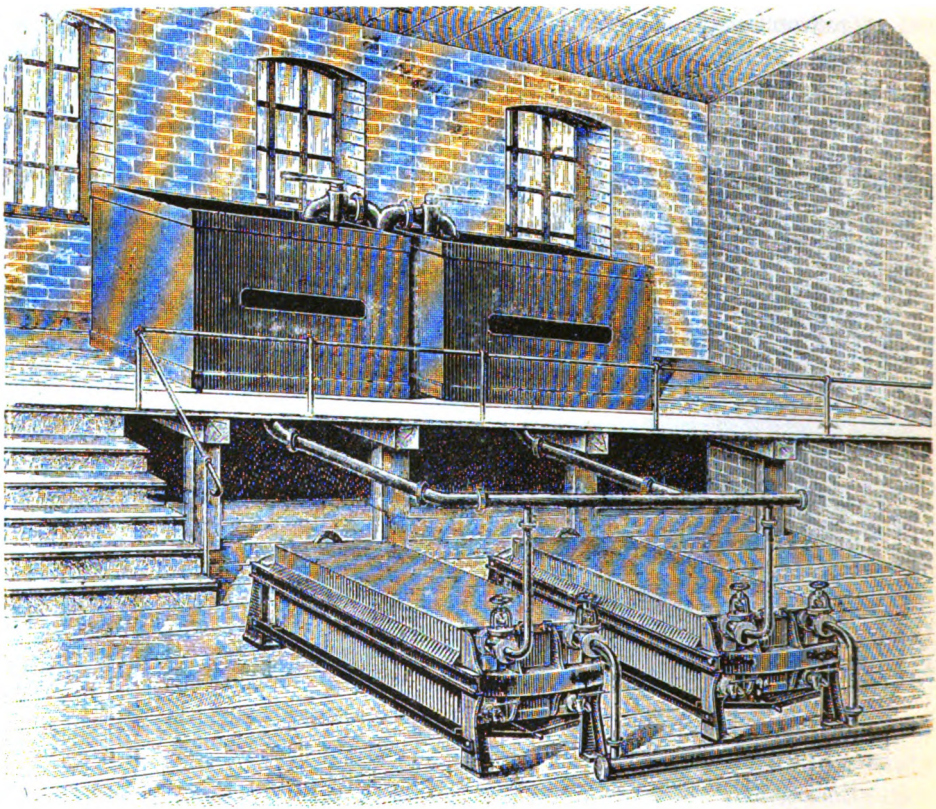
aber eine mittelgroße Zuckerfabrik in 24 Stunden 5000 bis 6000 kg Rübe, man vermag sich also leicht ein Bild von der gewaltigen Wassermenge zu machen, welche in der gleichen Zeit in Dampf verwandelt werden muß, denn alle Stationen der Fabrik müssen mit der Rübenverarbeitung stets gleichen Schritt halten. Es stehen daher in den Zuckerfabriken auch ganz besondere Apparate in Verwendung, welche die Bewältigung dieser gewaltigen Arbeit ermöglichen.

Das Verkochen des Dünnsaftes zu Füllmasse wird nicht in einer Operation vorgenommen. Vielmehr reichert man den Dünnsaft zunächst durch das „Verdampfen" auf circa 40% Zucker an, und dieser „Dicksaft" wird dann erst zu Füllmasse „verkocht".

Das Verdampfen nimmt man nicht nur durch Erwärmung des Saftes vor, sondern man unterstützt es auch noch in der Weise, daß man im Verdampfapparate

Digitized by Google

gleichzeitig eine Druckverminderung herbeiführt und dadurch den Siedepunkt erniedrigt. Der abziehende Dampf enthält jedoch eine bedeutende Wärmemenge, welche man durchaus nicht verloren giebt. Man nützt sie vielmehr in der Weise aus, daß man zwei oder drei Verdampfapparate („Körper") nebeneinander aufstellt und den Saftdampf aus dem ersten Körper in den Heizraum des zweiten Körpers



Anlage zweier „Excelsiorfilter".
(Construction der Firma A. L. G. Dehne in Halle a. S.)

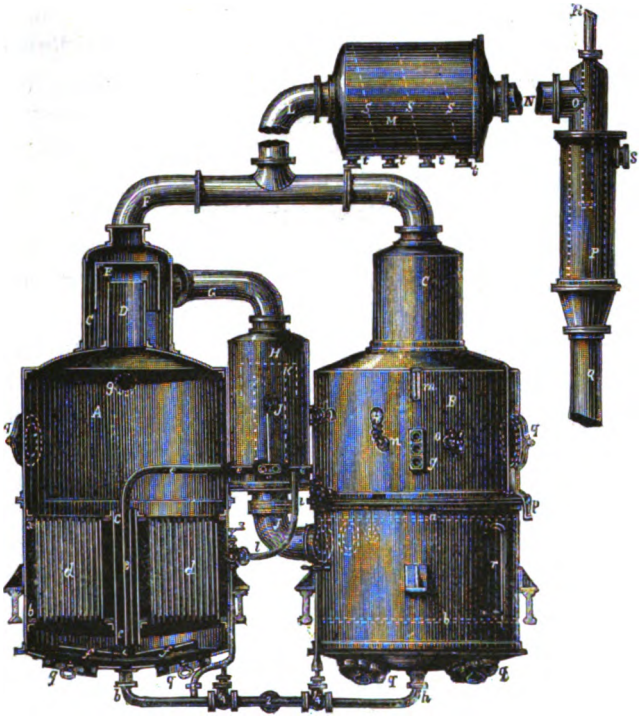
einführt u. s. f. Gleichzeitig sorgt man dafür, daß im zweiten Körper ein geringerer Druck herrscht, als im ersten und im dritten ein noch geringerer wie im zweiten. Der Siedepunkt einer Flüssigkeit ist aber um so geringer, je geringer der auf ihr lastende Luftdruck ist. Man kann daher den Saftdampf zu Heizzwecken benützen, obwohl naturgemäß seine Temperatur von Körper zu Körper stets niederer wird.

Die Verminderung des Dampfdruckes und damit Hand in Hand die Erniedrigung des Siedepunktes, wie sie sich nach der vorstehenden Ausführung als erforderlich erweist, wird in den Zuckerfabriken durch zwei Vorrichtungen bewirkt.

Digitized by Google

Einerseits verwendet man von der Dampfmaschine aus betriebene Luftpumpen, andererseits die Condensatoren. Durch diese wird der über der verdampfenden Flüssigkeit lastende Dampfdruck in der Weise aufgehoben, daß der Saftdampf, nachdem er die Heizvorrichtung des nächsten Körpers passirt hat, condensirt wird. Gewöhnlich finden beide Vorrichtungen gemeinschaftlich Anwendung.

Die Verdampfapparate können je nach ihrer Construction in stehende oder liegende unterschieden werden. Bei den stehenden, älteren Apparaten befindet sich im unteren Theile des Körpers ein verticales Rohrsystem, in welchem der Heizdampf circulirt, während der zu verdampfende Saft die Rohre umspült. Bei den liegenden Apparaten dagegen durchziehen die Heizrohre, welche horizontal angeordnet sind, die zu verdampfende Flüssigkeit.



Robert'scher Zweikörperapparat.

Eine typische Form der stehenden Verdampfapparate ist der Robert'sche Zweikörperapparat, welchen die beistehende Abbildung veranschaulicht. Die beiden Körper sind mit A und B bezeichnet. Zwei horizontale Böden a und b theilen jeden der Körper in drei Räume. Die obere und die untere Abtheilung stehen durch das verticale, etwa 30 cm weite Rohr c untereinander in Verbindung. Ferner sind noch 250 bis 300 engere Rohre von beiläufig 55 mm Weite dd vollkommen dicht eingefügt. Die obere, sowie die untere Abtheilung in Verbindung mit diesem Rohrsystem bilden den Saftraum, die mittlere Abtheilung dient zur Aufnahme des Dampfes und wird Heizraum genannt. Die große Oberfläche der Rohre, welche vom Safte erfüllt und vom Heizdampfe umspült werden, bildet eine sehr wirksame Heizfläche.

Der Dünnsaft wird durch das Doppelventil 3 zugeführt, von diesem zweigen die beiden Rohre ee' ab, welche bis auf den Boden der Körper führen und sich hier in die Rohre ff, welche nach aufwärts gekrümmt sind, theilen. Der Saftstand

Digitized by Google

kann durch die Glasaugen g beobachtet werden, durch ein gegenüber befindliches Auge g' wird mittelst eines kräftigen Reflectors künstliches Licht in das Innere des Apparates geworfen.

Die an der tiefsten Stelle des Apparates austretenden Rohre h vereinigen sich bei i und sind beide durch je ein Ventil (4) verschließbar. Sie dienen zur Entleerung der Apparate. Das Thermometer m dient zur Controlirung der im inneren des Apparates herrschenden Temperatur, n ist ein Barometer zur Ermittelung des auf der Flüssigkeit lastenden Druckes. O ist ein kleiner, mit einem Trichter versehener Hahn. Kocht die Flüssigkeit zu stürmisch, so daß ein Uebersteigen zu befürchten ist, so wird durch diesen Hahn, den „Butterhahn", geschmolzenes Fett zutreten gelassen, welches die Flüssigkeit beruhigt, indem es sich gleichmäßig auf der ganzen Oberfläche vertheilt. p dient zur Entnahme von Proben, q sind Mannlöcher, welche die Reinigung der Apparate gestatten.

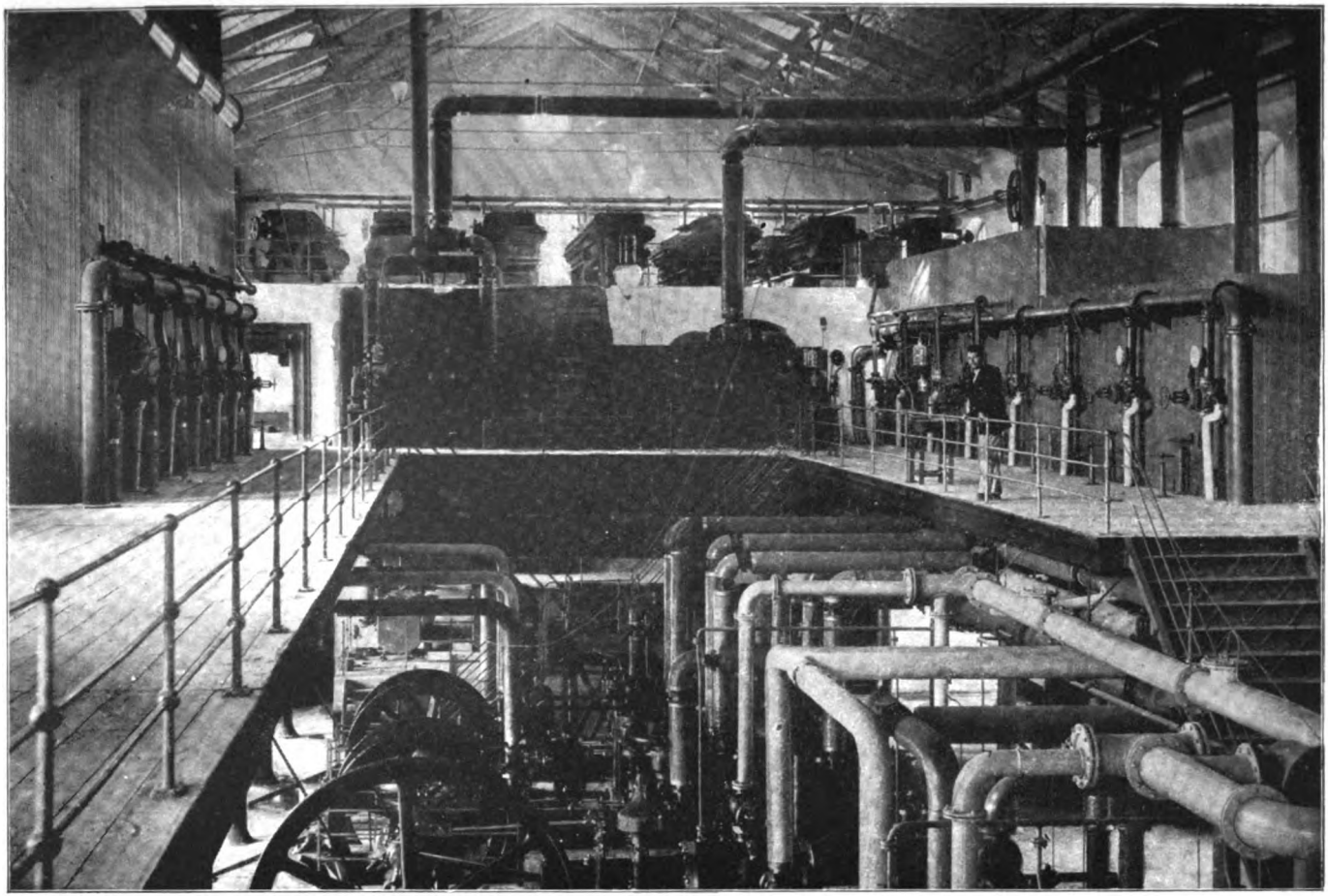
Auf der oberen Wölbung der Apparate erhebt sich der Dom C. Der weite, in diesem befindliche Rohrstutzen D wird von der Kappe E überspannt. An diese prallen die aus D ausströmenden Dämpfe und werden dadurch von dem mitgerissenen Safte befreit, welcher durch Oeffnungen, welche zwischen C und D angebracht sind, nach A zurückläuft.

Der sich in A entwickelnde Saftdampf kann auf zweierlei Weise abgeleitet werden. Einerseits durch F direct nach dem Condensator, dies geschieht aber nur dann, wenn der Körper A selbstständig functioniren muß, oder andererseits durch G nach dem Heizraume des Körpers B. In diesem Falle gelangt der Dampf zunächst nach dem Uebersteiger H. Der Zweck dieser Vorrichtung besteht darin, den Dampf nach Möglichkeit von den mitgerissenen Safttheilchen zu befreien, was durch wiederholte Aenderung der Strömungsgeschwindigkeit des Dampfes erreicht wird. Dieser Uebersteiger besteht aus einem Cylinder von sehr großem Querschnitte, das darin angebrachte Rohr J ist von der Kappe K umgeben, die Wirkung dieser Vorrichtung ist im Uebrigen die gleiche wie jene des Domes. Der zurückgehaltene Saft wird durch ein am Boden abzweigendes Rohr zeitweilig nach dem ersten, dem „Dünnsaftkörper" zurückgeleitet.

Der nun von Safttheilchen befreite Dampf gelangt in das Heizsystem des „Dicksaftkörpers" B, giebt hier den grösten Theil seiner Wärme ab und condensirt sich dabei zum Theile. Dieses „Brüdenwasser" und der nicht condensirte Dampf wird nach einem Wasserscheider geführt, von welchem das Brüdenwasser mittelst einer Pumpe abgesogen wird, während der Dampf rasch nach dem Condensator geht.

Die sich im Dicksaftkörper bildenden Dämpfe gelangen durch den Dom C in die Rohre F und L und dann in den Hodeck'schen Saftfänger M, dessen Einrichtung die Abbildung auf Seite 589 veranschaulicht. Sein Querschnitt ist etwa zwanzigmal so groß wie der des Zuleitungsrohres, und dadurch wird eine bedeutende Verminderung der Strömungsgeschwindigkeit des Dampfes erzielt. Ferner sind im inneren des Saftfängers drei gelochte Platten s eingesetzt, die Summe der Querschnitte dieser kleinen Oeffnungen ist so groß wie der Querschnitt des Zuleitungs-

Digitized by Google



**Brüdenpumpen.**

**Ausgeführt von der Maschinenbau-Actiengesellschaft vorm. Breitfeld, Daněk & Co., Prag-Karolinenthal.**

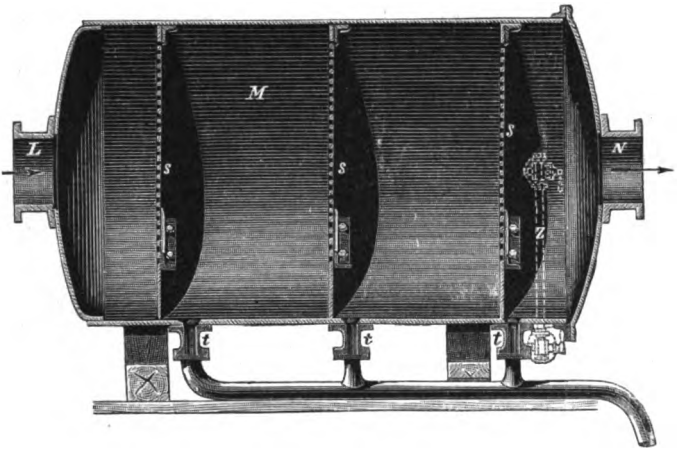
Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

Digitized by Google

rohres. Wenn nun der Dampf diese Oeffnungen passirt, so wird seine Geschwindigkeit wieder bedeutend beschleunigt, und dieser rasche Wechsel der Strömungsgeschwindigkeit bewirkt, daß die mitgerissenen Safttheilchen sehr vollständig niedergeschlagen werden. Durch die Rohrstutzen t wird der sich ansammelnde Saft in ein gemeinsames Rohr und durch dieses nach dem Dicksaftkörper geleitet.

Ein weiterer, wesentlicher Bestandtheil der Verdampfapparate ist der Condensator. Durch das Rohr N (siehe die Abbildung des Robert'schen Verdampfapparates auf Seite 587) tritt der Dampf aus dem Saftfänger in das verticale Rohr O, welches luftdicht schließend in der Hülse P steckt und in diese in der durch die punktirte Linie angegebenen Länge hineinragt. Das am unteren Theile angesetzte Fallrohr Q muß eine Länge von mindestens 10 m besitzen und das Zurücksteigen




Hodeck'scher Saftfänger.

des Wassers, selbst bei vollkommener Luftleere des Dicksaftkörpers unmöglich machen; man läßt es in ein mit Wasser gefülltes Gefäß oder in einen Brunnen tauchen.

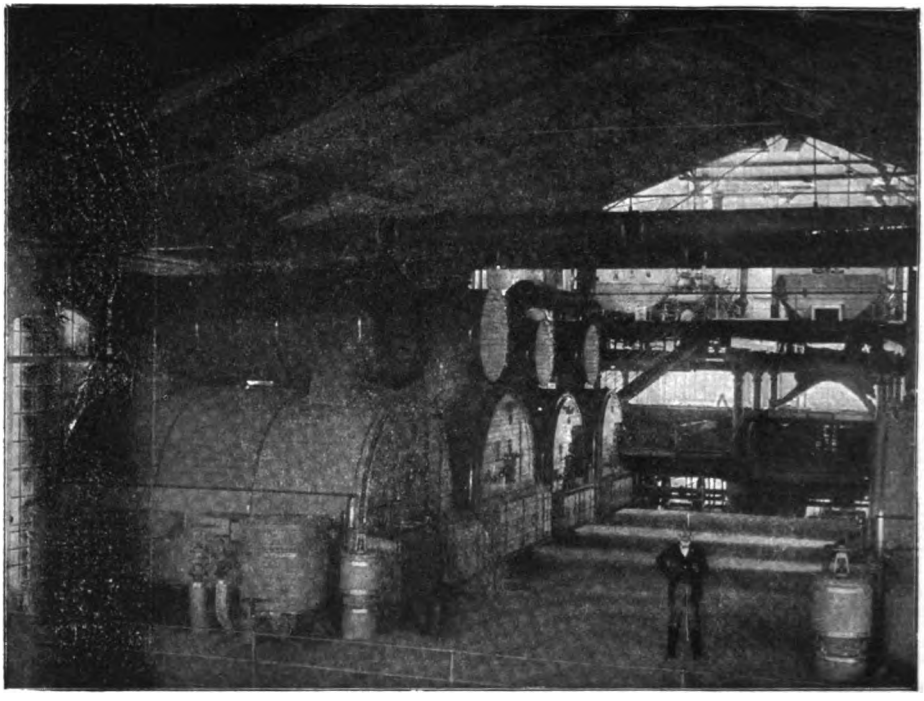
Die Condensation des Dampfes kann nur dadurch erfolgen, daß ihm Wärme entzogen wird. Dies geschieht in der Weise, daß durch das mit feinen Löchern versehene Rohr R, welches sich in der Achse des Rohres O befindet, kaltes Wasser in den Dampf eingespritzt wird.

Das Innere des Dampfraumes des Dicksaftkörpers steht mit dem Condensator in directer Verbindung. Wird daher in diesem durch Verdichtung des Dampfes der Druck vermindert, so macht sich diese Druckverminderung auch gleichmäßig im Dicksaftkörper geltend. Kein Condensator wirkt jedoch so gleichmäßig, daß er allein die nöthige Druckverminderung besorgen kann. Die Ursache liegt in den im Einspritzwasser gelösten Gasen, wie Luft und Kohlensäure, welche durch die Erwärmung des Einspritzwassers in Freiheit gesetzt werden. Diese Gase würden die Wirkung

Digitized by Google

des Condensators sehr bald wesentlich vermindern. Man ist daher genöthigt, neben dem Condensator auch noch eine Luftpumpe wirken zu lassen, welche mit dem Dicksaftkörper durch das an der Hülse P angesetzte Rohr S in Verbindung steht.

Die beiden, oder bei Dreikörperapparaten die drei Körper wirken in der Weise zusammen, daß im ersten Körper der Dünnsaft auf eine gewisse Concentration gebracht wird. Ist diese erreicht, so wird dieser concentrirte Saft in den zweiten Körper eingezogen, in welchem ihm abermals Wasser entzogen wird, bei Zweikörper-



Verdampfstation einer modernen Zuckerfabrik.

apparaten verläßt er ihn als Dicksaft, bei Dreikörperapparaten wird das Verdampfen zu Dicksaft jedoch erst im dritten Körper vollendet.

In den moderner eingerichteten Fabriken wendet man fast allgemein an Stelle der aufrechten die liegenden Verdampfapparate mit drei oder vier Körpern an. Eine solche Verdampfstation veranschaulicht die obenstehende Abbildung. Von einer eingehenden Beschreibung können wir um so eher Abstand nehmen, als das Princip dieser Apparate das gleiche ist, wie bei den stehenden und die einzelnen Körper ganz in der gleichen Weise, nur rationeller functioniren.

Während des Verdampfens scheiden sich aus dem Safte mit zunehmender Concentration verschiedene Stoffe, meist Kalksalze ab, welche sich zum Theile

Digitized by Google

auf den Rohren des Verdampfapparates festsetzen, theils im Dicksafte suspendirt bleiben. Ehe man den Saft verkocht, wird er abermals filtrirt, wozu die schon besprochenen mechanischen Filter Verwendung finden. Dann wird der Saft nach den Vacuumapparaten gebracht.

Durch das Verkochen bezweckt man, aus dem filtrirten Dicksaft den Zucker in Form von Krystallen abzuscheiden. Auch der Dicksaft bildet noch durchaus keine reine Zuckerlösung, an der Krystallisation betheiligt sich jedoch in der Hauptsache nur der Zucker, der Nichtzucker bleibt in Lösung und wird dann durch weitere Verfahren von der Zuckerlösung getrennt. Es ist jedoch nicht möglich, allen im Dicksafte enthaltenen Zucker durch eine Operation zur Krystallisation zu bringen. Dies gelingt erst nach und nach und schließlich hinterbleibt eine noch immer zuckerreiche, aber wegen ihres bedeutenden Gehaltes an Nichtzucker nicht mehr krystallisationsfähige Lösung, die Melasse.

Der im Dicksafte enthaltene Zucker wird dadurch zur Krystallisation gebracht, daß man ihm sein Lösungsmittel, das Wasser, entzieht. Dies geschieht durch das „Verkochen" im stark luftverdünnten Raume und kann auf zweierlei Weise vorgenommen werden; man unterscheidet das Blankkochen und das Kochen auf Korn.

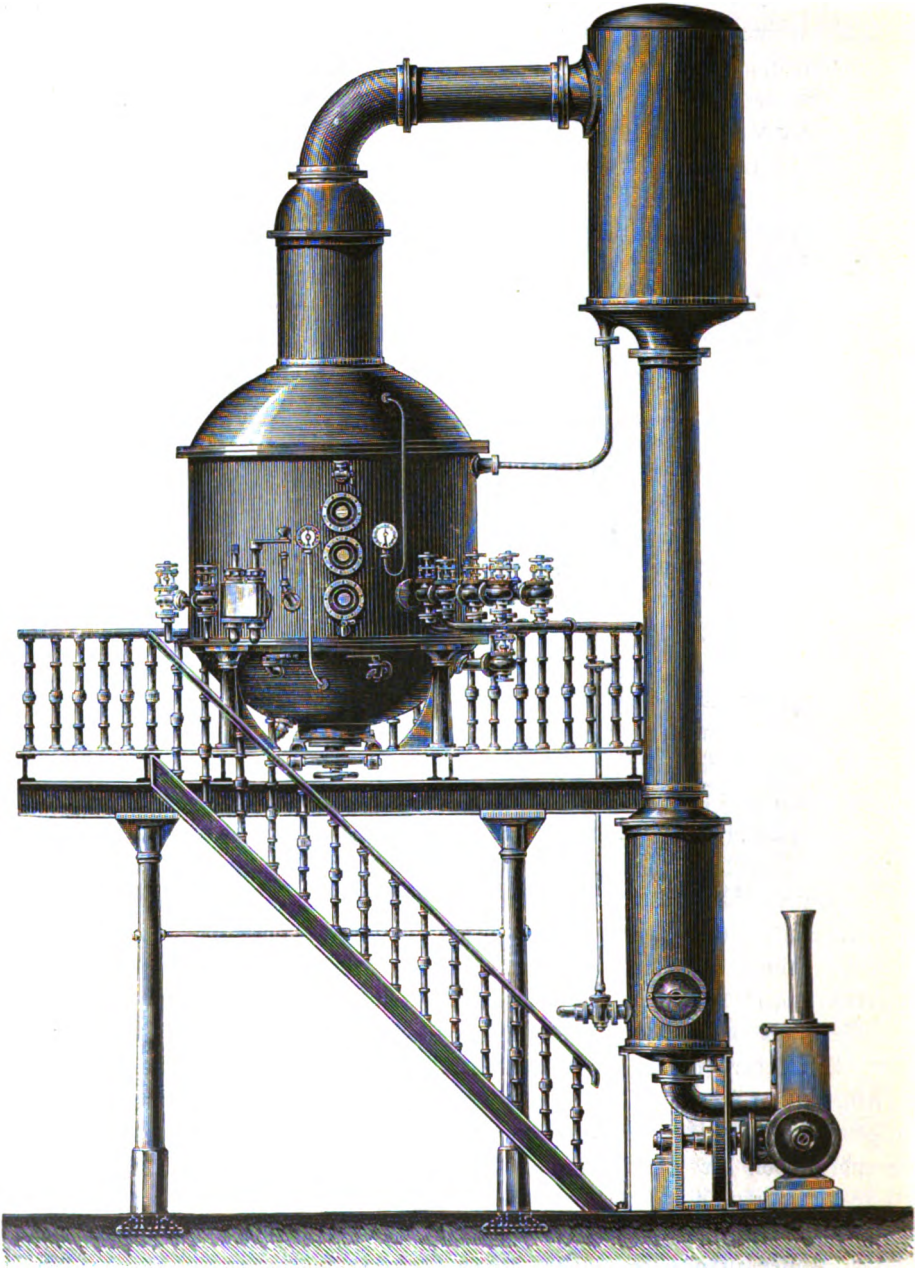
Die Löslichkeit vieler Körper, darunter auch des Zuckers, steigt mit zunehmender Temperatur. Während also bei höherer Temperatur eine Zuckerlösung von bestimmter Concentration noch keinen Zucker in Krystallen ausscheidet, sinkt die Löslichkeit in dem Maße, als die Temperatur erniedrigt wird, und dann beginnt sich Zucker abzuscheiden.

Die Herstellung einer solchen, bei höherer Temperatur gesättigten Zuckerlösung bezweckt man durch das Blankkochen. Dabei wird der Dicksaft so stark eingeengt, daß eine in der Hitze gesättigte Zuckerlösung entsteht, aus welcher sich beim Erkalten Krystalle abscheiden.

Das „Kochen auf Korn" besteht dagegen darin, daß man den Saft so stark concentrirt, daß die Krystallisation schon im Vacuum beginnt. Sie wird in diesem so weit durchgeführt, daß noch eine langsame Entleerung der Füllmasse möglich ist. Alle Säfte, deren Reinheit es gestattet, werden auf Korn gekocht, weil hier die Ausbeute größer ist, wie beim Blankkochen, welches nur bei unreinen Säften und minderwerthigem Rübenmaterial Anwendung findet.

Der aus der ersten Krystallisation gewonnene Rohzucker heißt „erstes Product". Wird der flüssig gebliebene Antheil abermals verkocht und krystallisiren gelassen, so erhält man das minder reine „zweite Product", dem sich bei abermaligem Verkochen des Syrups ein drittes, viertes u. s. w. Product anschließt. Die endlich von der letzten Krystallisation ablaufende Melasse kann dann noch durch weitere Verfahren, die wir noch zu besprechen haben, entzuckert werden; durch Verkochen, also durch Wasserentziehung, gelingt es dagegen nicht, den in der Melasse gelösten Zucker zu gewinnen. Der Grund liegt in dem hohen Gehalte der Melasse an „Nichtzucker", dieser ist es, welcher die Krystallisation des Zuckers verhindert.

Digitized by Google



Vacuumapparat.

Digitized by Google

Das Verkochen des Dicksaftes wird in den Vacuumapparaten vorgenommen. Es sind dies geräumige Kessel, welche mit dem Condensator und der Luftpumpe in Verbindung stehen. Im Inneren des Apparates liegt ein vielfach gewundenes Schlangenrohr, durch welches Dampf von hoher Temperatur, also Dampf, welcher direct vom Dampfkessel kommt, geleitet wird. Da durch höhere Temperaturen Zucker zerstört wird, besonders wenn er dieser längere Zeit ausgesetzt wird, sucht man das Verkochen so rasch wie möglich auszuführen. Man erzeugt daher in den Vacuumapparaten eine bedeutende Luftleere, um den Siedepunkt so weit als möglich zu erniedrigen, andererseits beschleunigt man aber den Vorgang, indem man Heizdampf von hoher Temperatur anwendet.

Die Construction der Vacuumapparate ist höchst verschieden. Neben der älteren, aufrechten Form derselben, wie sie die Abbildung auf Seite 592 zeigt, verwendet man auch liegende Vacuumapparate. Immer sind sie aber mit einem Saftfänger versehen, welcher die von dem abziehenden Dampf mitgerissenen Saftheilchen zurückzuhalten hat.

Die Entleerung der Vacuumapparate, in welchen, wie wir wissen, beim Kochen auf Korn eine Zuckerkrystalle enthaltende Masse erzeugt wird, geschieht an der tiefsten Stelle des Apparates. Hier ist ein Ventil mit großem Querschnitte angebracht, welches durch ein Gegengewicht gegen den Boden gedrückt wird, außerdem preßt es, sobald im Apparate Vacuum herrscht, auch noch der äußere Luftdruck an.

Bei Beginn des Verkochens wird zunächst der Vacuumapparat mit Dicksaft gefüllt, Vacuum gegeben und Dampf durch die Schlange strömen gelassen. In dem Maße nun, als Wasser verdampft, wird Dicksaft nachgezogen, bis sich die ersten Krystalle zeigen. Dann wird das Nachziehen des Dicksaftes unterbrochen und weiter gekocht, bis die Masse die erforderliche Beschaffenheit besitzt; diesen Punkt richtig zu erkennen, erfordert bedeutende Uebung und Sachkenntnis. Dann wird das Vacuum abgestellt und das erwähnte Ventil geöffnet, worauf die Füllmasse in untergeschobene Behälter entleert wird.

Die weitere Verarbeitung der Füllmasse kann nach zwei Richtungen erfolgen, doch ist der Weg, welcher eingeschlagen wird, wesentlich von der Reinheit des zur Verfügung stehenden Productes abhängig. Wurde nämlich die Reinigung der Säfte während der gesammten Fabrikation mit der größten Sorgfalt ausgeführt, so daß man über eine sehr reine und an „Nichtzucker" verhältnismäßig arme Füllmasse verfügt, so ist es unter Umständen lohnend, sie direct auf consumfähigen Zucker zu verarbeiten. Lassen dies aber Umstände commerzieller Natur nicht angezeigt erscheinen, oder ist die Füllmasse minder rein, so wird aus ihr zunächst Rohzucker hergestellt, welcher dann in Raffinerien auf weiße Waare verarbeitet wird.

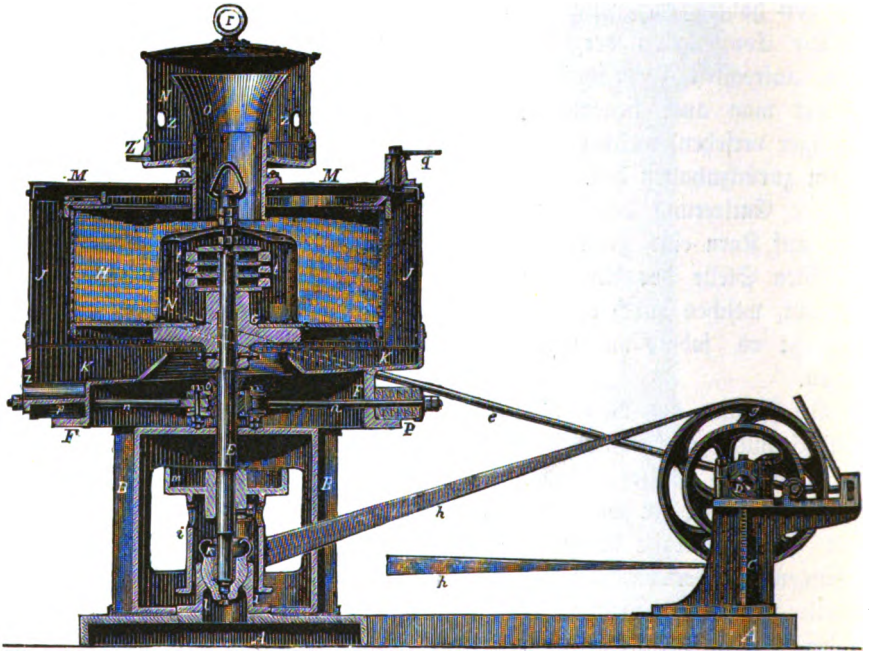
Die Füllmasse ist ein dunkelbrauner, im kalten Zustande ziemlich harter Krystallbrei, welcher aus kleinen oder größeren Zuckerkrystallen besteht, die durch „Melasse" also durch die verschiedenen, nicht krystallisirenden Nichtzuckerstoffe verkittet sind. Die Zuckerkrystalle selbst sind vollkommen rein, die verunreinigenden



Digitized by Google

Bestandtheile sind nur in der „Melasse“ enthalten. Gelingt es also, diese zu entfernen, so muß ein vollständig reines Product hinterbleiben. Wird sie dagegen nur theilweise und unvollständig entfernt, so daß an der Krystallmasse noch „Melasse“ haftet, so wird dieses Product „Rohzucker“ geheißen.

Die Erzeugung von Rohzucker aus der Füllmasse, also die theilweise Entfernung der in dieser enthaltenen „Melasse“ kann nach zwei Verfahren geschehen. Das ältere und heute kaum mehr angewendete Verfahren besteht darin, daß man die Füllmasse in conische, unten mit einer Oeffnung versehene Formen füllt und



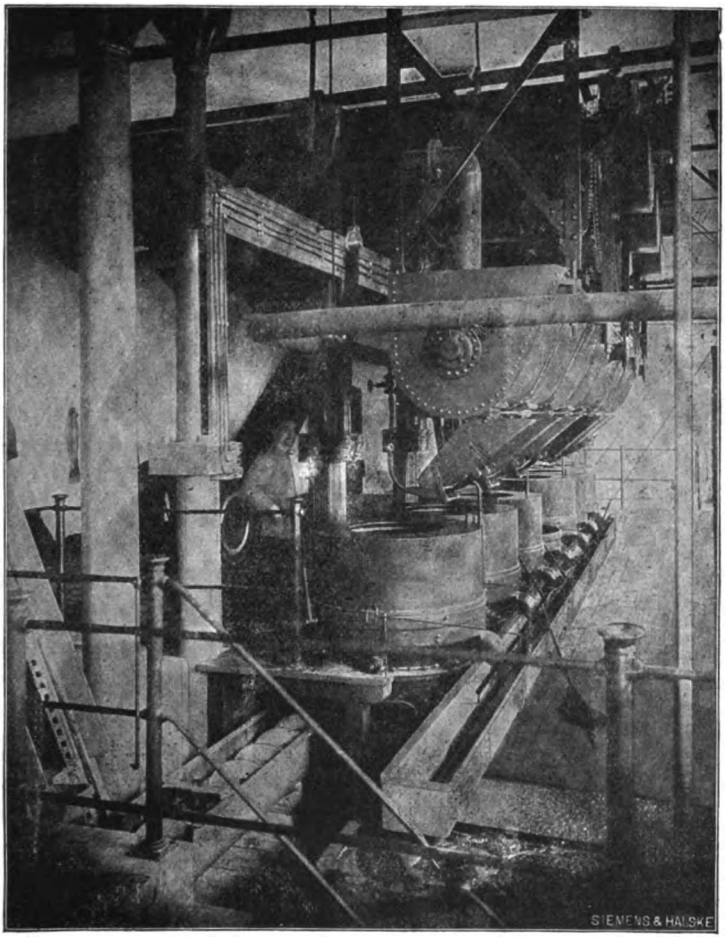
Fesca'sche Zuckercentrifuge.

diese in einem warmen Raume längere Zeit sich selbst überläßt. Bei einer Temperatur von 30 bis 35° wird die Melasse so weit dünnflüssig, daß sie der Schwerkraft folgt und aus den Oeffnungen der Formen ausfließt. In diesem hinterbleibt dann ein Gemenge unreiner Zuckerkrystalle, welche in der Rohzuckermühle zerkleinert werden.

Weit rascher und einfacher gelingt dagegen die Entfernung des nicht krystallisirten Antheiles aus der Füllmasse durch Schleudern in der Centrifuge. Die Einrichtung dieser für viele chemische Industrien höchst wichtigen Vorrichtungen haben wir schon kennen gelernt. Es erübrigt also nur noch, jene Constructionen mit wenigen Worten zu besprechen, deren man sich speciell in der Zuckerfabrikation bedient. Die obenstehende Abbildung veranschaulicht die Einrichtung der Fesca'schen Centrifuge.

Digitized by Google

Auf der gußeisernen Grundplatte A ist einerseits das Untergestell B, andererseits der zum Antriebe dienende Theil C mit der Welle D und den Riemenscheiben g befestigt. Mit Hilfe der Stange e kann der Treibriemen auf die Leerscheibe geschoben werden. Der verschränkte Treibriemen h überträgt die Bewegung auf die Riemen-




Centrifugenstation mit elektrischen Antriebe.

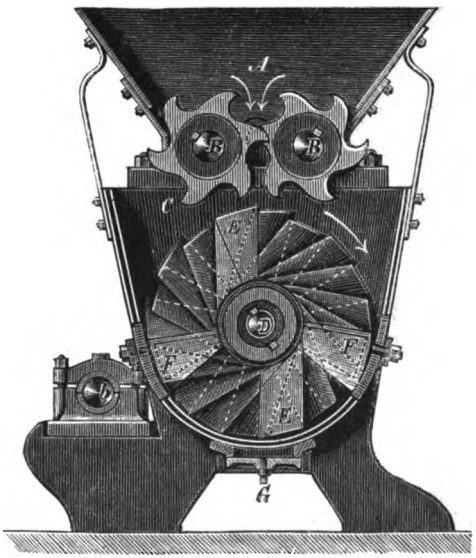
scheibe i, welche an der Spindel E der Centrifugen befestigt ist. Das untere Ende der Achse E dreht sich in dem Spurlager K, welches von dem Bocke l getragen wird. Unterhalb der Trommel umfaßt die Achse ein Halslager, welches auf dem Ringe F ruht. Durch diesen gehen sechs schmiedeiserne Stangen, welche sich in dem Ringe o vereinigen, der das Halslager umschließt. Das entgegengesetzte Ende der Stangen führt frei durch F hindurch und über dasselbe ist eine größere Anzahl



Digitized by Google

weicher Kautschukplatten p gezogen, welche durch Schraubenmuttern an F angepreßt werden. Diese Puffer gestatten der Welle, kleine Schwankungen auszuführen. Auf dem Eisenstücke G ist der Boden der Trommel befestigt. Diese ist aus starkem, gelochtem Bleche verfertigt und innen mit einem engmaschigen Drahtnetze ausgelegt; der obere Rand der Trommel springt nach einwärts etwas vor. Der Mantel J, dessen Boden nach einer Seite schwach geneigt ist, fängt den abgeschleuderten Syrup auf und leitet ihn nach dem Abflußrohre Z. Der Mantel wird durch den Deckel M verschlossen, welcher durch den Schieber q in seiner Lage festgehalten wird. An dem Ringe r kann der Deckel gehoben werden.

Bevor die zu schleudernde Füllmasse in die Centrifuge gebracht wird, muß sie zerkleinert werden, gleichzeitig mischt man sie mit Syrup, welcher beim Schleudern einer früheren Partie erhalten wurde, um die Masse dünnflüssiger zu machen.



Maischmaschine.

Die Maischmaschine von Fesca besteht, wie die nebenstehende Abbildung veranschaulicht, aus dem Füllrumpfe A, aus welchem die Füllmasseklumpen in das aus den beiden Walzen B bestehende Brechwerk fallen. Auf der im Maischtroge C liegenden Welle D sind neunzehn Messerplatten EE in spiralförmiger Stellung aufgezogen. Ferner befinden sich auch an der Wandung des Troges ähnliche Messer FF, welche in die Zwischenräume der an der Welle befestigten Messer passen. Der durch den Rumpf eingegossene Syrup wird durch diese Vorrichtung gründlich mit der zerkleinerten Füllmasse gemengt, die Entleerung erfolgt durch den Schieber G, der Antrieb von der Welle b aus.

Ist eine genügende Menge Füllmasse eingemaischt, so wird die Centrifuge in Gang versetzt und nun die Maische einfließen gelassen. Durch die Centrifugalkraft wird sie an die Wand der Trommel angepreßt, der Syrup fließt ab, während die Zuckerkrystalle zurückbleiben. In der Minute macht die Centrifuge 1000 bis 1200 Touren und die Wirkung der Centrifugalkraft ist so groß, daß der größte Theil des Syrups abgeschleudert wird. Es hinterbleibt endlich in der Trommel eine durch anhaftenden Syrup gelb gefärbte Krystallmasse, der Rohzucker, aus welcher in der Centrifuge der Syrup durch bloßes Abschleudern nicht vollständig, wohl aber durch das sogenannte „Decken", welches wir später besprechen werden, entfernt werden kann.

Digitized by Google

Der Rohzucker enthält 94 bis 97% Zucker, der Rest besteht aus Wasser, Salzen (Asche) und Stoffen organischer Natur. Während der aus Zuckerrohr erzeugte Rohzucker angenehm aromatisch schmeckt und riecht, und direct zum Consum geeignet ist, schmeckt der Rübenrohzucker nicht besonders gut und er muß daher noch einer weiteren Reinigung unterzogen werden.

Der bei der Centrifugenarbeit abfließende „Grünsyrup" — oben haben wir, um Mißverständnissen vorzubeugen, von „Melasse" gesprochen — ist eine kalt gesättigte Zuckerlösung, welche jedoch bedeutend mehr Nichtzucker enthält als der Dicksaft. Wird der Grünsyrup abermals verkocht, so erhält man eine Füllmasse, welche durch Schleudern wieder in Syrup und Rohzucker „zweites Product" zerlegt wird. Das zweite Product ist minder rein als das erste, das Gleiche gilt von dem Syrup, welcher ebenfalls verkocht und geschleudert wird. Man erhält nun ein drittes Product und einen fast schwarzen Syrup, welcher jedoch so reich an die Krystallisation hemmenden Stoffen ist, daß aus ihm durch Verkochen kein Zucker mehr gewonnen werden kann. Es ist dies die Melasse, welche besonders verarbeitet werden muß, um den darin enthaltenen Zucker abzuscheiden.

Die Verarbeitung der Füllmasse zu Consumzucker geschieht je nach dem darzustellenden Producte in verschiedener Weise und die Erzeugnisse führen auch verschiedene Bezeichnungen.

Unter „Melis" versteht man feste, untereinander innig verwachsene Krystallmassen, welche in der bekannten Hutform in den Handel gebracht werden. Zu seiner Darstellung wird die Füllmasse in conische, der Form der „Zuckerhüte" entsprechende Blechformen, welche an der Spitze eine Oeffnung besitzen, gefüllt. Man stellt die gefüllten Formen dann in einem warmen Raume auf, worauf sich der größte Theil des Syrups nach der Spitze hin senkt. Dann läßt man den Syrup abfließen und verdrängt den noch in der Krystallmasse vertheilten Syrup mit einer gesättigten Zuckerlösung, der „Deckkläre".

Zu diesem Zwecke wird zunächst eine unreine Deckkläre auf die Basis der Brote aufgegossen, welche den Syrup vor sich herschiebt, indem sie in dem Brote nach abwärts gelangt. Dann wird das Decken noch mehrmals mit einer immer reineren Deckkläre wiederholt, bis die abfließende Deckkläre vollkommen rein und farblos wird. Ist dieser Punkt erreicht, so ist das Brot noch mit Deckkläre vollgezogen, welche durch Luftdruck verdrängt wird.

Zu diesem Zwecke setzt man die Formen, in welchen die Brote stecken, auf die Nutschbatterie auf. Es ist dies ein System von Röhren, die in Abständen mit Oeffnungen versehen sind, in welche die Spitze der Formen paßt und mit Hilfe eines Kautschukringes abgedichtet wird. Das Rohrsystem selbst steht mit der Luftpumpe in Verbindung. Saugt man nun aus dem Röhrensysteme die Luft aus, so drängt die äußere Luft, welche durch die Brote einzutreten bestrebt ist, die Deckkläre vor sich her.

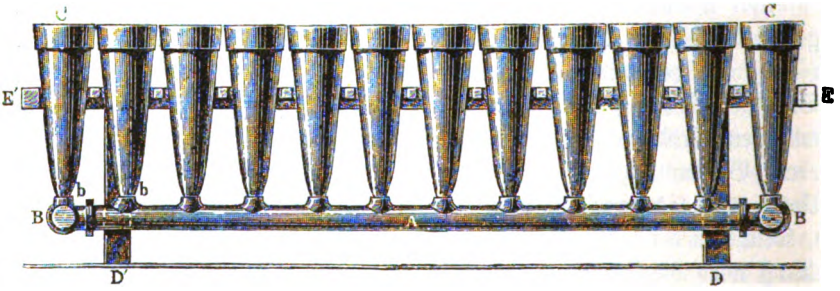
Ist die Deckkläre verdrängt, so werden die Formen abgehoben und ausgestürzt, die einzelnen Brote werden dann noch am Boden und an der Spitze mit

Digitized by Google

rotirenden Messern abgedreht, um ihnen ein gleichmäßiges und gefälliges Ansehen zu ertheilen.

Unter Pilè versteht man grobkrystallisirten Zucker, welcher in Form unregelmäßiger Stücke in den Handel kommt. Man umgeht bei seiner Darstellung die umständliche Bodenarbeit, indem man das Decken in der Centrifuge selbst vornimmt. Zu diesem Zwecke wird nach dem Abschleudern des Grünsyrups Wasser in Form eines feinen Staubes in die Trommel der Centrifuge eingespritzt, das Wasser vertheilt sich zwischen den Zuckerkrystallen, löst den Syrup auf und führt ihn fort.

Durch die Wasserdecke ist man wohl im Stande, die Zuckerkrystalle vollständig zu reinigen, doch ist dies naturgemäß mit Verlusten verbunden, da das Wasser auch schon krystallisirten Zucker aufnimmt. Man bedient sich daher an Stelle des reinen Wassers einer Zuckerlösung, des Klärsels, welche nur mehr wenig




Nutschvorrichtung.

bb Nutschhütchen, C Zuckerformen, B Verbindungsröhren zum Syrupabfluß und zur Luftpumpe, E E' Gestell.

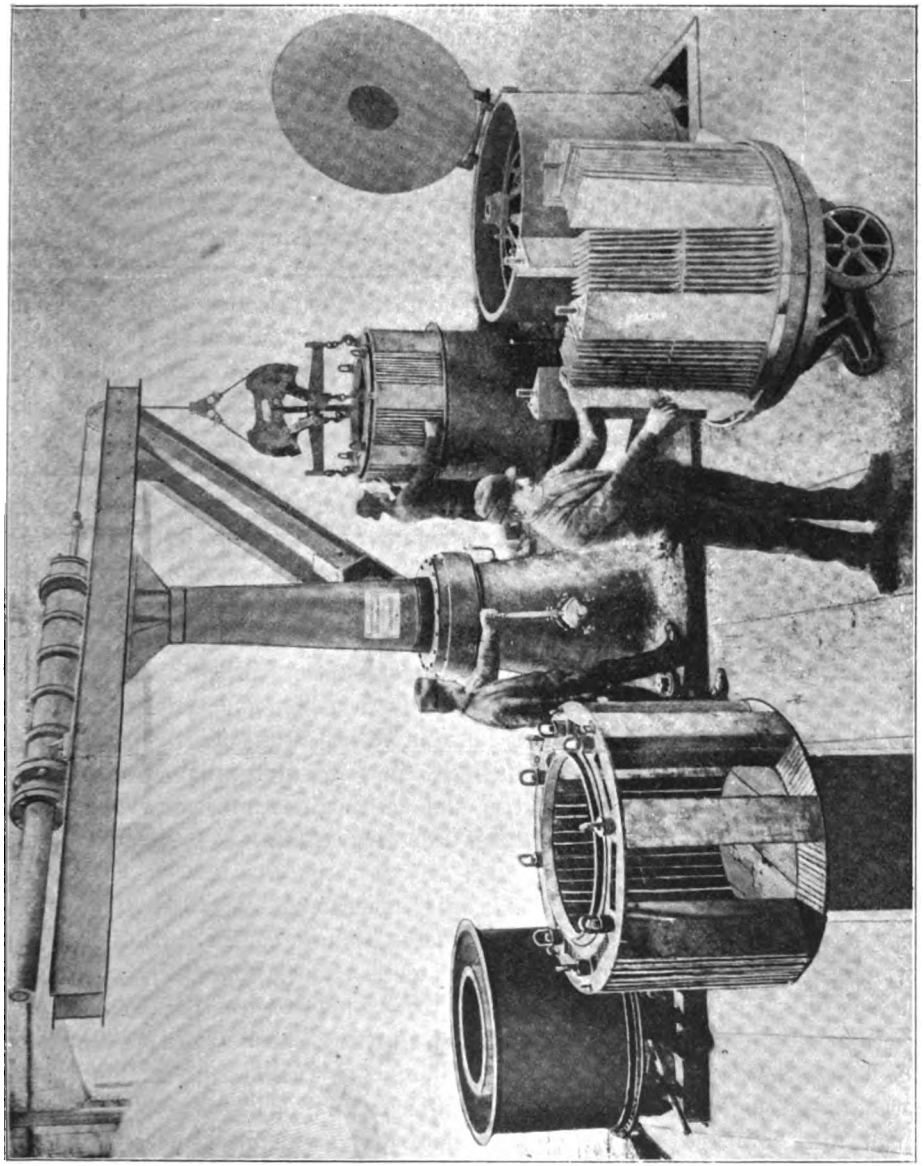
Zucker zu lösen vermag und mehr mechanisch wirkt, indem sie den Syrup vor sich herschiebt. Auch hier beginnt man das Decken mit einer unreinen Lösung, die nach und nach durch immer reinere Klärsel ersetzt wird. Die aus der Centrifuge kommenden Stücke werden in Pilèbrechwerken zu unregelmäßigen, mehr oder weniger großen Brocken zerbrochen.

Der Würfelzucker — jene Form, in welcher heute der Zucker fast ausschließlich angewendet wird — wurde früher in der Weise erzeugt, daß Zuckerbrote (Melis) zersägt wurde. Es ist einleuchtend, daß dabei ein sehr großer Abfall von Staubzucker und Zuckermehl sich ergeben muß. Man kam daher von diesem Verfahren sehr bald ab und erzeugt jetzt durch Pressen der in der Centrifuge gereinigten Zuckermasse Platten oder Stäbe, welche in Knipsmaschinen in die Würfel- oder Plattenform zerbrochen werden.

Nach dem Adant'schen Verfahren werden die Zuckerplatten direct in Centrifugen besonderer Construction erzeugt, so daß sie dann nur zu entsprechend großen Stücken zerbrochen werden brauchen.

Digitized by Google

Kryſtallzucker, welcher hauptſächlich als „Granulated“ in England beliebt iſt, beſteht aus loſen, ziemlich gut ausgebildeten Zuckerkryſtallen von 2 bis 5 mm



Die Adant'ſche Würfelzuckercentrifuge.

Größe. Soll ſolche Waare erzeugt werden, ſo muß ſchon beim Verkochen Rückſicht genommen werden, große Kryſtalle zu erhalten. Die Füllmaſſe wird dann in der

Digitized by Google

uns schon bekannten Weise in der Centrifuge gedeckt, worauf der Zucker noch künstlich getrocknet wird.

Farin ist Consumzucker, welcher durch Mahlen in ein feines Pulver verwandelt wurde. Zu seiner Darstellung finden gewöhnlich zerbrochene Brote, zu stark gefärbter Melis, Abfälle der Würfelzuckerfabrikation u. dgl. Verwendung.

Auch durch das sorgfältigste Decken gelingt es in der Regel nicht vollständig weißen Zucker herzustellen. Um den gelblichen Stich zu verdecken, wird der Zucker „gebläut", d. h. es wird schließlich eine durch Verreiben mit einer geringen Menge Ultramarin blau gefärbte Deckklärc aufgegeben, welche die Brote durchzieht und den Zucker dann rein und blendend weiß erscheinen läßt.

Die Arbeit in den Raffinerien ist den geschilderten Vorgängen ziemlich ähnlich. Auch hier handelt es sich darum, den Rohzucker von dem anhaftenden Syrup zu befreien. Man erreicht dies jedoch nicht allein dadurch, daß man den Rohzucker deckt, sondern er wird zunächst gelöst, nachdem er vorher in der Centrifuge durch Behandlung mit Zuckerlösungen verschiedener Reinheit „affinirt" wurde. Die Lösung wird mit einer geringen Menge Kalk versetzt, in Filterprocessen von den stets vorhandenen mechanischen Verunreinigungen befreit und dann noch über Knochenkohle filtrirt.

Früher war die Knochenkohle auch in jenen Fabriken, welche ausschließlich Rohzucker erzeugten, ein unentbehrliches Hilfsmittel. Heute ist sie jedoch ganz aus den Rohzuckerfabriken verschwunden, dagegen wird sie immer noch in den Raffinerien verwendet, und hier ist auch der Ort, um ihre Wirkung, Darstellung und Anwendung zu besprechen.

Die Knochenkohle (Spodium) wird durch Glühen entfetteter Knochen bei Luftabschluß erhalten. Die in den Knochen enthaltene Substanz zersetzt sich dann unter Abscheidung von Kohlenstoff, welcher in Form kleiner Partikelchen in der Masse auf einer großen Oberfläche vertheilt ist. Die Form und Structur der Knochen bleibt dabei vollständig erhalten, und diesem innigen Gemenge von Kohle mit den anorganischen Bestandtheilen der Knochen verdankt das Spodium seine Wirkung.

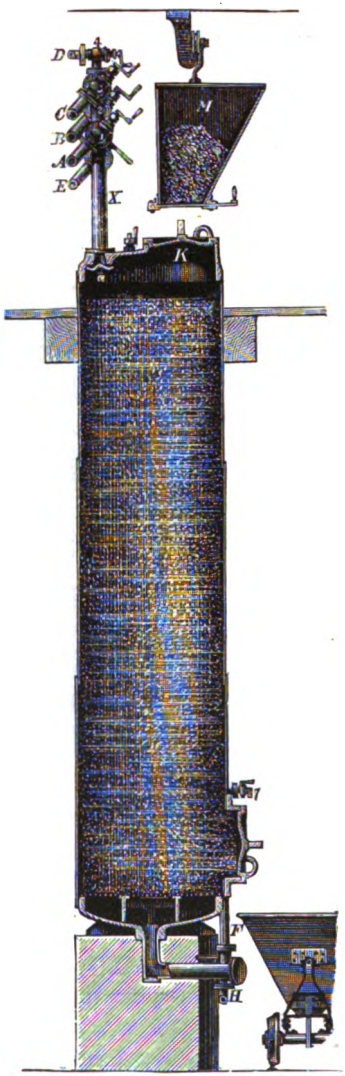
Wird eine gefärbte Zuckerlösung mit Knochenkohle zusammengebracht, so nimmt diese den Farbstoff an sich und entfärbt dadurch die Lösung. Gleichzeitig findet neben dieser rein mechanischen Wirkung aber auch eine chemische statt, indem Kalk aus der Zuckerlösung auf der Kohle niedergeschlagen wird. Die Fähigkeit der Knochenkohle, absorbirend zu wirken, ist jedoch begrenzt. Schon mehrmals benütztes Spodium wirkt weit weniger kräftig als frisches, und endlich tritt ein Punkt ein, bei welchem die absorbirende Kraft gleich Null wird. Durch besondere Maßnahmen, die man als „Wiederbelebung" bezeichnet, kann solches Spodium wieder gebrauchsfähig gemacht werden.

Die Spodiumfilter, über welche man den Saft laufen läßt, um ihn zu entfärben, sind hohe cylindrische Behälter, welche mit der auf Haselnußgröße gebrachten Knochenkohle gefüllt werden, und mit der erforderlichen Armatur

Digitized by Google

versehen sind. Unsere Abbildung veranschaulicht ein solches Filter im Durchschnitte.

In den Rohrstutzen X münden vier Zuleitungen A, B, C, D, welche mit den Ventilen 1, 2, 3, 4 versehen sind. Sie dienen zur Zuleitung von Wasser, Dampf und Zuckerlösung; durch das Rohr E werden mehrere Filter zu einer „Batterie" verbunden. Das an der tiefsten Stelle des Filters austretende Rohr setzt sich in ein verticales Uebersteigrohr F fort, welches durch E in das in der Batterie nebenstehende Filter einmündet, und bei 7 mit einem Hahne versehen ist. Das Rohr H dient zur vollständigen Entleerung des Filters, durch das Mannloch K wird das Filter mit Spodium beschickt, durch das untere Mannloch wird es entleert, wenn das Spodium erneuert werden muß. Unterhalb dieses Mannloches liegt eine mit einem Leinentuche bedeckte Siebplatte.



Spodiumfilter.

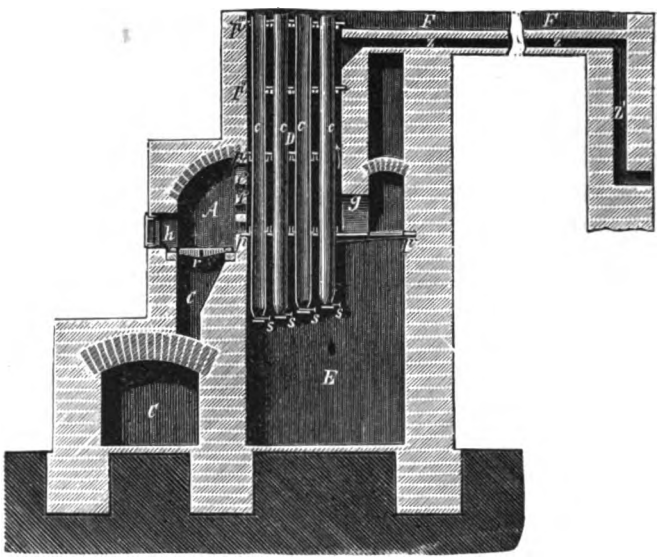
Die zu entfärbende Zuckerlösung wird durch das Rohr X in das Filter fließen gelassen. Damit jedoch der einströmende Flüssigkeitsstrahl das Spodium nicht aufwühlt, trifft er zunächst auf den schalenförmigen Körper a, wodurch er zertheilt wird. In den an einer Schiene hängenden Kasten M, dessen Boden aufklappbar ist, wird bei einer Neubeschickung des Filters das Spodium angefahren.

Nach beendeter Filtration ist in jedem Filter stets noch eine bedeutende Menge Zuckerlösung vorhanden, welche gewonnen werden muß. Zu diesem Zwecke leitet man in das Filter Wasser, durch welches die Zuckerlösung verdrängt wird. Man fährt mit dem Einleiten von Wasser so lange fort, bis das abfließende Wasser nur mehr sehr geringe Zuckermengen enthält. Dieser Vorgang wird als „Absüßen" bezeichnet. Bevor ein frisch mit Knochenkohle beschicktes Filter in Betrieb gesetzt wird, muß die Knochenkohle mit Dampf behandelt werden, um alle Verunreinigungen, die sonst in die Zuckerlösung übergehen würden, zu entfernen. Zu diesem Zwecke ist das erwähnte, mit der Dampfleitung in Verbindung stehende Rohr vorhanden.

Ist nach oftmaliger Verwendung ein Filter nicht mehr gebrauchsfähig, so wird es ausgeschaltet und entleert, die Knochenkohle wird dann der „Wiederbelebung"

Digitized by Google

unterzogen. Die Wiederbelebung besteht im Wesentlichen darin, daß man den von der Kohle zurückgehaltenen kohlensauren Kalk durch Behandlung mit Salzsäure in Lösung bringt, und dann die Kohle einer Gährung unterwirft, durch welche ein großer Theil der sie verunreinigenden organischen Stoffe zerstört wird. Bei diesem Gährungsvorgange, der eigentlich mehr ein Fäulnisproceß ist, entwickeln sich höchst übelriechende, flüchtige Stoffe; besondere Unannehmlichkeiten bereiten aber die Abwässer, welche jeden Flußlauf verpesten würden. Es siedelt sich in Flußläufen, in welche solches in Zersetzung und Fäulnis begriffenes, von Bakterien wimmelndes Abwasser geleitet wird, fast regelmäßig eine Alge, die Beggiatoa alba, an, sie besitzt die Eigenschaft, schwefelsaure Salze (Gips) unter Abspaltung von Schwefelwasserstoff zu zersetzen. Dadurch wird aber nicht nur der Aufenthalt an solchen Wasserläufen beinahe unmöglich, sondern es werden auch alle Wasserbewohner, Fische, Krebse und Muscheln, getödtet, da für diese der Schwefelwasserstoff ein tödtliches Gift ist.



Schatten'scher Glühofen zur Bereitung der Knochenkohle.

Die Unschädlichmachung dieser Abwässer gelingt am einfachsten und billigsten in der Weise, daß man sie geeignete Rieselanlagen passiren läßt, wobei sie langsam durch Erde sickern. Dann wird durch die oxydirende Wirkung des Luftsauerstoffes, sowie durch das Vermögen des Bodens, zahlreiche Verbindungen festzuhalten, das Wasser so weit gereinigt, daß man es schließlich in jeden Wasserlauf eintreten lassen kann, ohne eine Verunreinigung desselben befürchten zu müssen.

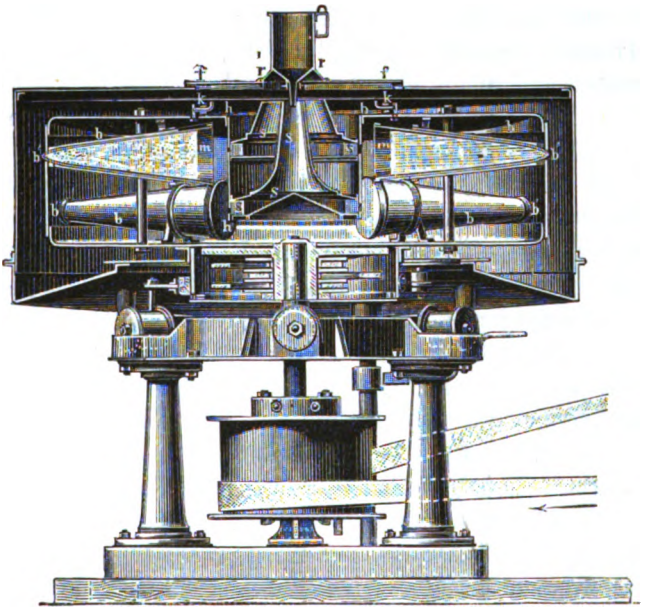
Nach beendeter Gährung wird das Spodium gekocht, gewaschen und schließlich geglüht. Dies geschieht in besonderen Glühöfen, die obenstehende Abbildung zeigt einen solchen Glühofen im Durchschnitte.

A ist der Feuerraum mit dem Roste r und den Heizöffnungen h, mit C ist die Aschengrube bezeichnet. Die vier Platten p bis p''' theilen den Glühraum in vier Zonen. Die Verbrennungsgase nehmen durch diese Zonen in der Richtung des Pfeiles ihren Weg, sie treten dann in die Füchse zz ein und werden unter die Darrfläche FF geführt, worauf sie durch z' in den Schlot entweichen. Das obere

Digitized by Google

Ende der Glührohren c liegt in der gleichen Höhe mit der Darrfläche F, das untere Ende reicht in den Kühlraum E, wo es durch einen Schieber s verschlossen wird. Da das Mittelstück der Glührohren einer stärkeren Abnützung unterliegt wie die anderen Theile, werden sie aus drei Stücken zusammengesetzt, und jeder Theil kann dann beliebig ausgewechselt werden.

Das obere Ende der Röhren ist offen. Steht der Ofen in Betrieb, so werden sie mit einer Kohlenschicht überdeckt, welche nachsinkt, sobald aus dem untersten Theile Kohle entnommen wird. In den Kühlraum E wird von außen durch Canäle Luft zugeführt, um hier eine niedere Temperatur zu erhalten. Die Feuerung A ist von dem Glühraume durch ein aus feuerfestem Material verfertigtes Gitter f getrennt. Es hat dies den Zweck, die heiße Luft in solcher Weise zu vertheilen, daß sie nicht direct auf die Rohre trifft, sondern zwischen diese geleitet wird, und eine gleichmäßige Erhitzung bewirkt.



Brotcentrifuge.

Ist die Kohle genügend geglüht, so wird sie durch Oeffnen des Schiebers s entleert, und zwar nur jener Theil, welcher sich im Kühlraume befindet. Da diese Kohle jedoch immer noch eine genügend hohe Temperatur besitzt, um sich unter Umständen an der Luft zu entzünden, kommt das Spodium zunächst in blecherne Behälter, die sogenannten „Dämpfer", in welchen es langsam erkalten gelassen wird.

Alle weiteren in den Raffinerien ausgeführten Operationen, das Verkochen und die Behandlung der Füllmasse stimmen im Allgemeinen mit jenen Operationen überein, welche wir bei der Darstellung des Consumzuckers kennen gelernt haben. Ein Verfahren, die Brote rasch von dem gefärbten Syrup zu befreien, besteht in der Verwendung der sogenannten „Brotcentrifugen". Durch diese Vorrichtung, welche ebenfalls eine Erfindung Fesca's ist, wird sehr viel Zeit und Arbeit erspart, und überhaupt die Bodenarbeit ganz wesentlich vereinfacht.

Digitized by Google

Wie die Abbildung auf Seite 603 zeigt, wird diese Centrifuge von unten angetrieben. Die Brothalter bb' dienen zur Aufnahme der zu schleudernden Brote. Sie sind in der Laufstrommel radial, und zwar in solcher Weise angeordnet, daß sie in zwei, je ein regelmäßiges Achteck bildenden Kränzen übereinander gelagert sind. Je ein Brothalter des oberen Kranzes liegt im Mittel von zwei Brothaltern der unteren Anordnung.

Jeder Brothalter besteht aus einem kegelförmigen, aus Kupferblech verfertigten Mantel b, welcher mit einem durchbohrten Endstücke b' versehen ist. Dieses entspricht genau der Spitze der Form und dient ihr als Stützpunkt.

Die Deckvorrichtung khhk ist ein cylindrischer Einsatz in der Laufstrommel, er wird vor Beginn des Schleuderns in die mit 16 „grünen" Broten beschickte Trommel eingesetzt, durch Riegel k befestigt, und am Schlusse der Schleuderung wieder entfernt.

Während nun die Brote mit der Centrifugentrommel rasch rotiren, wird durch die Centrifugalkraft der Syrup nach der Spitze gedrängt, wo er abfließt. Dann wird in den Fülltrichter die Deckkläre gegossen, welche durch eine besondere Vorrichtung im Einsatze gleichmäßig den einzelnen Broten zugeführt wird. Das Klärsel sammelt sich zunächst am Boden der Brote an und durchdringt, von der Centrifugalkraft getrieben, dann diese selbst, wobei der Syrup verdrängt wird. Erfahrungsgemäß genügen, je nach der Beschaffenheit und der Korngröße der Füllmasse, sechs bis acht aufeinander folgende Decken, um allen Syrup zu verdrängen. Man giebt zunächst drei bis vier „Vordecken" mit blaßgelbem, unreinem und ebenso viele „Nachdecken" mit reinem, wasserhellem Klärsel.

Candiszucker — die bekannten, schön ausgebildeten, wasserhellen oder gelblich gefärbten Zuckerkrystalle — werden in der Weise erzeugt, daß man eine sehr reine, in der Wärme gesättigte Zuckerlösung äußerst langsam krystallisiren läßt. Man füllt sie in Blechgefäße, in welchen Bindfaden gespannt sind, an diesen setzen sich die Krystalle an. Die gefüllten Gefäße bringt man in einen Raum, dessen Temperatur 50 bis 60° beträgt. Hier werden sie vor jeder Erschütterung bewahrt acht bis zehn Tage belassen. Während dieser Zeit erniedrigt man langsam die Temperatur auf 30 bis 35°. Schließlich werden die Gefäße, die „Potten", entleert, und die Krystalle noch mit Kalkwasser gewaschen. Der heute noch im Handel übliche gelbe Candiszucker ist ein Ueberbleibsel aus vergangener Zeit. Als man nämlich noch keinen Rübenzucker kannte, wurde der Candiszucker aus Zuckerrohrzucker gewonnen.

Damals konnte man jedoch noch keine so reinen Säfte herstellen wie heute, so daß auch der Candiszucker, welcher die reinste, im Handel vorkommende Form des Zuckers bildete, gelblich gefärbt war. Die Zuckerrohrmelasse ist aber im Gegensatze zur Rübenmelasse wohlschmeckend, und es war dies daher nicht als Nachtheil anzusehen. Heute färbt man den gelben Candiszucker künstlich durch Zugabe von Zuckercouleur, welche durch Erhitzen von Zucker auf höhere Temperatur erhalten wird.

Digitized by Google

Die in den Raffinerien abfallenden Syrupe werden ebenfalls neuerdings verkocht und verarbeitet. Endlich hinterbleibt auch hier ein durch Verkochen nicht mehr zur Kryſtalliſation zu bringender Syrup, eine Melaſſe.

Die Melaſſe, mit deren Verarbeitung wir uns nun beſchäftigen wollen, enthält rund 50% Zucker, etwa 10% Salze (Aſche), 20% Waſſer und 20% organiſche Subſtanzen. Dieſe und die Salze ſind es, welche den Zucker am Kryſtalliſiren hindern. Um daher die Melaſſe, deren Menge 2 bis 4% vom Gewichte der verarbeiteten Rüben beträgt, zu entzuckern, müſſen beſondere Verfahren angewendet werden.

Verhältnismäßig das einfachſte Verfahren zur Entzuckerung der Melaſſe iſt die Osmoſe. Hier wird zwiſchen der Melaſſe und Waſſer ein Diffuſionsvorgang eingeleitet, der von dem zur Gewinnung des Zuckers aus der Rübe benützten ſich im Weſentlichen nur dadurch unterſcheidet, daß dort die Membran der Zellen, hier aber Pergamentpapier die beiden diffundirenden Flüſſigkeiten trennt.

Wenn nämlich zwei verſchiedene miſchbare, jedoch chemiſch aufeinander nicht einwirkende Flüſſigkeiten miteinander in Berührung treten, ſo diffundiren ſie gegeneinander, d. h. es erfolgt ohne äußere Einwirkung, lediglich durch die gegenſeitig wirkenden Anziehungskräfte ein Herüber- und Hinüberwandern von Theilchen des Löſungsmittels und der gelöſten Stoffe. Und zwar geht dieſer Vorgang ſo lange fort, bis beiderſeits die gleiche Concentration herrſcht. Ein ähnlicher Vorgang tritt nun ein, wenn die Flüſſigkeiten durch eine künſtliche Membran, bei den Osmoſeapparaten durchfeuchtetes Pergamentpapier, getrennt ſind. Nun diffundiren aber nicht alle Körper und die diffundirenden nicht alle mit der gleichen Geſchwindigkeit. Kochſalz tritt etwa zweimal, Schwefelſäure dreimal ſo raſch in das Waſſer über wie Zucker.

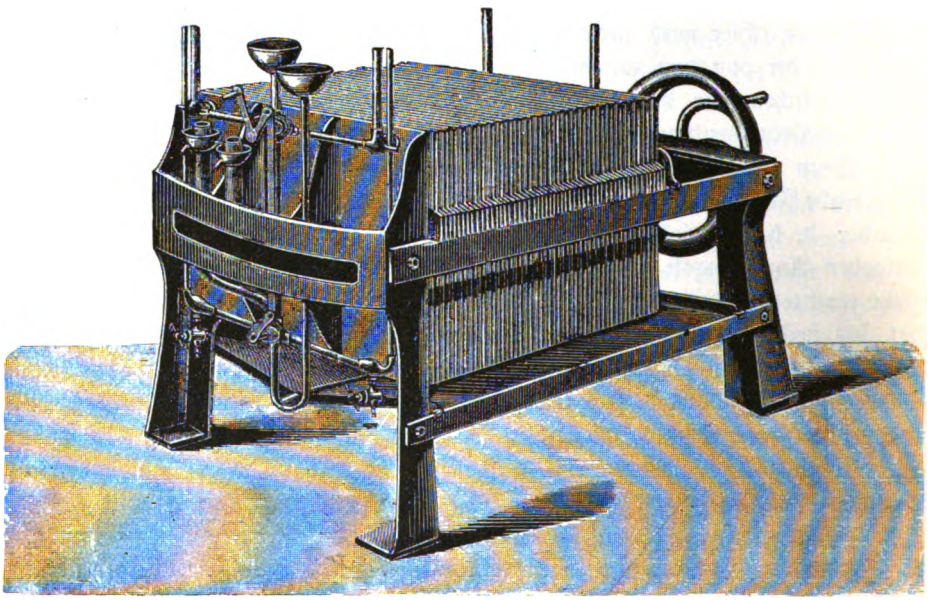
Bringt man alſo Melaſſe und Waſſer, durch Pergamentpapier getrennt, in Wechſelwirkung, ſo werden vorwiegend die Salze in das Waſſer übergehen. Dadurch wird aber ein Theil der die Kryſtalliſation hemmenden Stoffe der Melaſſe entzogen und der in ihr enthaltene Zucker wieder kryſtalliſationsfähig gemacht. In das Waſſer geht ſelbſtverſtändlich auch Zucker über, doch in weitaus geringerer Menge als die Salze und andere Stoffe; dieſes „Osmoſewaſſer“ wird eingedickt, und gewöhnlich an Spiritusfabriken abgegeben.

Wie aus der Abbildung auf Seite 606 erſichtlich iſt, haben die Osmoſeapparate große Aehnlichkeit mit einer Filterpreſſe. Sie beſitzen auch thatſächlich eine ganz ähnliche Einrichtung und werden aus einzelnen Rahmen zuſammengeſtellt, welche mit Pergamentpapier überkleidet werden. Geeignete Oeffnungen in den Rahmen bilden fortlaufende Canäle im Apparate, durch welche die Melaſſe und das Waſſer in ſolcher Weiſe vertheilt werden, daß abwechſelnd immer eine Kammer mit Melaſſe und die nächſte mit Waſſer gefüllt iſt. Es findet nun, bei fortwährendem Zufluß von Melaſſe und Waſſer und Abfluß von gereinigter Melaſſe und Osmoſewaſſer der geſchilderte Vorgang ſtatt. Von Zeit zu Zeit muß der Apparat mit ſäurehaltigem Waſſer gereinigt und das Pergamentpapier erneuert werden.

Digitized by Google

Die osmosirte Melasse wird verkocht, und dadurch ein Theil des in ihr enthaltenen Zuckers gewonnen. Wird dieser abgeschleudert, so erhält man abermals Melasse, welche neuerdings osmosirt wird. Dies wird so oft wiederholt, bis durch die Osmose kein Erfolg mehr zu erzielen ist.

So einfach nun dieses Verfahren auch ist, so hat es doch verschiedene Nachtheile. Der bedeutendste derselben besteht wohl darin, daß der Zucker nicht in einer, sondern in verschiedenen Operationen gewonnen wird. Man war daher bestrebt, andere und von diesen Nachtheilen freie Verfahren zur Entzuckerung der



Osmonapparat.
(Construction von A. L. G. Dehne in Halle a. S.)

Melasse aufzufinden. Diese sind zum Theile in dem sogenannten „Sacchratverfahren" gegeben.

Der Zucker bildet nämlich unter geeigneten Umständen mit Kalk, Strontian oder Baryt unlösliche Verbindungen, welche gewonnen, durch Auswaschen gereinigt und durch Behandlung mit Kohlensäure in Zucker und kohlensauren Kalk ꝛc. zerlegt werden können. Diese Verfahren sind aber sehr complicirter Natur und es würde uns weit von unserem Ziele entfernen, wollten wir sie eingehend besprechen. Es mag daher genügen, wenn wir sie in ihrem Wesen andeuten.

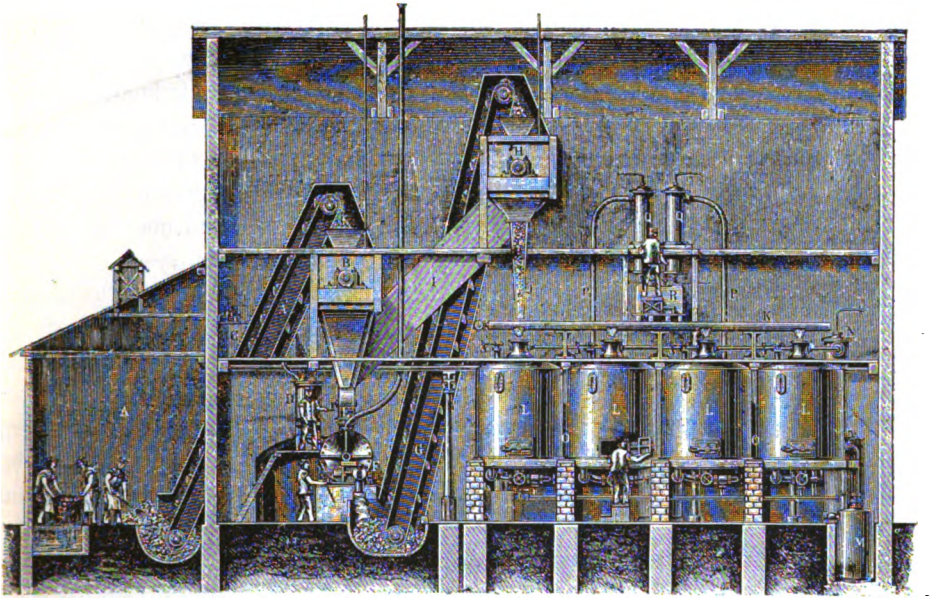
Das sogenannte Elutionsverfahren besteht darin, daß Zucker mit Kalk ein in verdünntem Alkohol unlösliches Saccharat bildet. Setzt man zur Melasse eine solche Menge Aetzkalk, daß 3 Theile Kalk auf 1 Theil Zucker enthalten sind, so

Digitized by Google

REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

entsteht dieses Sacchrat und die Melasse erstarrt gleichzeitig unter bedeutender Erwärmung zu einer trockenen, leicht zu zerkleinernden Masse. Diese wird mit Alkohol ausgewaschen, wobei das Sacchrat hinterbleibt, welches man entweder durch Kohlensäure zerlegt oder aber an Stelle des Kalkes zur Scheidung des rohen Rübensaftes verwendet.

Das von Steffen und Drucker in die Technik eingeführte Substitutionsverfahren beruht darauf, daß auf Zusatz von Kalkmilch zu einer kalten, verdünnten



Anlage zur Ausführung des Elutionsverfahrens.

A Bereitung des Kalkpulvers, A' Elevator für den Kalk, B Kalksieb, C Melassebehälter, D Meßapparat für Melasse, E Meßapparat für Kalk, F Mischmaschine, G Elevator für den Melassekalk, H Trennung des Melassekalkes vom überschüssigen Kalk, I Rückweg des überschüssigen Kalkes zur Wiederverwendung, J Weg des Melassekalkes nach der Transportschnecke K, LL Elutoren, M Saftheber, N Condensator für den Alkoholdampf, OO Laugedestillirapparate, P Leitung für den Alkoholdampf nach den Condensatoren, QQ Condensatoren für den Alkoholdampf aus den Laugedestillirapparaten, R Alkoholbehälter.

Zuckerlösung lösliches Monocalciumsaccharat entsteht, welches sich in der Hitze in unlösliches Tricalciumsaccharat und Zucker umsetzt.

Zu seiner Ausführung verdünnt man die Melasse so weit, daß sie nur mehr 7% Zucker enthält, und erhitzt sie nach dem Zusatze von Kalk in Autoclaven. Das sich dabei abscheidende Tricalciumsaccharat wird abfiltirt und mit Alkohol gewaschen und zerlegt. Dadurch wird aber nur der dritte Theil des in der Melasse enthaltenen Zuckers gewonnen. Um auch den Rest abzuscheiden, wird die Mutterlauge auf 50° abgekühlt und mit so viel Melasse versetzt — substituirt — bis

Digitized by Google

wieder der frühere Zuckergehalt von 7% erreicht ist. Dann wird sie auf 15° abgekühlt, mit Kalk versetzt, und neuerdings wie oben behandelt. Um eine zu große Anreicherung von Nichtzucker in der Lauge zu verhindern, wird täglich der neunte Theil ausgeschlossen und direct auf Tricalciumsaccharat verarbeitet, indem man die Ablauge entfernt.

Das Strontianverfahren beruht auf der Bildung von Monostrontiansaccharat. Das Strontian, die dem Aetzkalke analoge Verbindung des Strontiums, wird durch Brennen von Strontianit, d. i. kohlensaures Strontium, welcher als Mineral in der Natur vorkommt, gewonnen. Die Melasse wird mit einer heiß gesättigten Lösung von Strontian versetzt, worauf sich beim Abkühlen das Saccharat abscheidet. Dieses wird in Filterpressen von der Mutterlauge getrennt, der Niederschlag enthält 75 bis 80% des in der Melasse enthaltenen Zuckers. Man zerlegt dann das Saccharat durch Kohlensäure und gewinnt eine sehr reine Zuckerlösung, welche direct auf Füllmasse, beziehungsweise Consumwaare verarbeitet werden kann. Das bei der Saturation des Saccharates abfallende kohlensaure Strontium wird durch Glühen wieder in Strontian übergeführt.

Das wirksamste Verfahren der Melasseentzuckerung besteht in der Fällung des Zuckers als Bariumsaccharat. Diesem Verfahren wurde zum Vorwurfe gemacht, daß es technisch nicht möglich sei, jede Spur des giftigen Barytes aus dem gewonnenen Zucker zu entfernen. Dies ist nun nicht zutreffend, doch hat das Barytverfahren wohl aus dem Grunde keinen Eingang in die Praxis gefunden, da seine Durchführung sehr umständlich und die Regenerirung der bei der Scheidung des Saccharates erhaltenen Baryumverbindungen sehr schwierig und kostspielig ist.

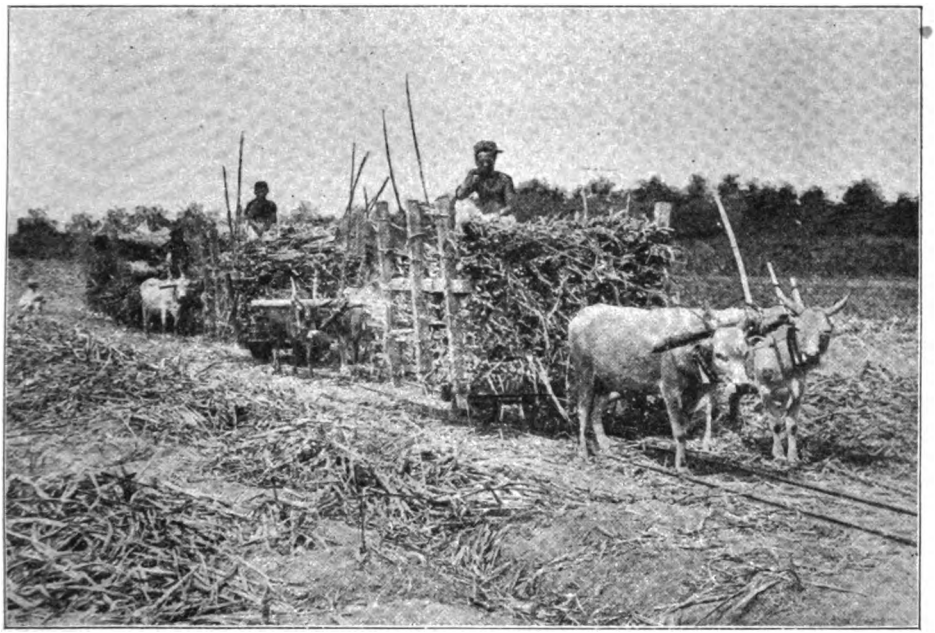
Die Rentabilität der Gewinnung des Zuckers aus der Melasse ist von verschiedenen Umständen, vor allem von dem Preise des Zuckers und den Besteuerungsmodalitäten abhängig. Bei niederen Zuckerpreisen ist es daher in der Regel für die Fabrikanten lohnender, ihre Melasse nicht zu entzuckern, sondern sie in anderer Weise zu verwerthen. Der naheliegendste Weg ist wohl der, den Zucker zu vergähren und den Alkohol zu gewinnen. Die entgeistete Schlempe, welche sämmtliche in der Melasse vorhandene Salze enthält, und unter diesen überwiegen die Kalisalze, wird in Flammöfen verkohlt; aus dieser „Schlempekohle" wird Potasche gewonnen. In den letzten Jahren hat man jedoch auch begonnen, die Melasse im größeren Maßstabe als Futtermittel zu verwenden, womit man recht günstige Erfahrungen gemacht hat. Gewöhnlich verabreicht man sie dann selbstverständlich ihres hohen Salzgehaltes wegen in begrenzten Mengen mit den Diffusionsrückständen, oder aber man benützt sie zur Herstellung besonderer „Melassefuttermittel", welche Oelkuchen, Stroh, ja selbst Holzmehl und Torf als Aufsaugestoffe enthalten. — —

Während in Europa und überhaupt in der gemäßigten Zone die Rübe die einzige Pflanze ist, aus welcher Zucker im Großen gewonnen wird, spielt die Rübenzuckerfabrikation in den tropischen Gegenden keine Rolle, denn die Tropen sind die Heimat des Zuckerrohres.

Digitized by Google

Das Zuckerrohr gehört zur Familie der Gräser und wird hauptsächlich in West- und Ost-Indien, Brasilien ꝛc. gebaut. Der Halm erreicht eine Höhe bis zu 6 m und ist 4 bis 6 cm dick. Die Saftmenge beträgt etwa 90%, im Safte sind 15 bis 19% Zucker enthalten.

Der Menge nach wird annähernd die gleiche Menge Rüben- wie Rohrzucker erzeugt, wenn wir die Gesammtproduction der Erde ins Auge fassen. Während aber der Rohrzucker zum großen Theile in den Ländern seiner Erzeugung selbst consumirt wird und nur verhältnismäßig geringe Mengen zum Exporte gelangen,



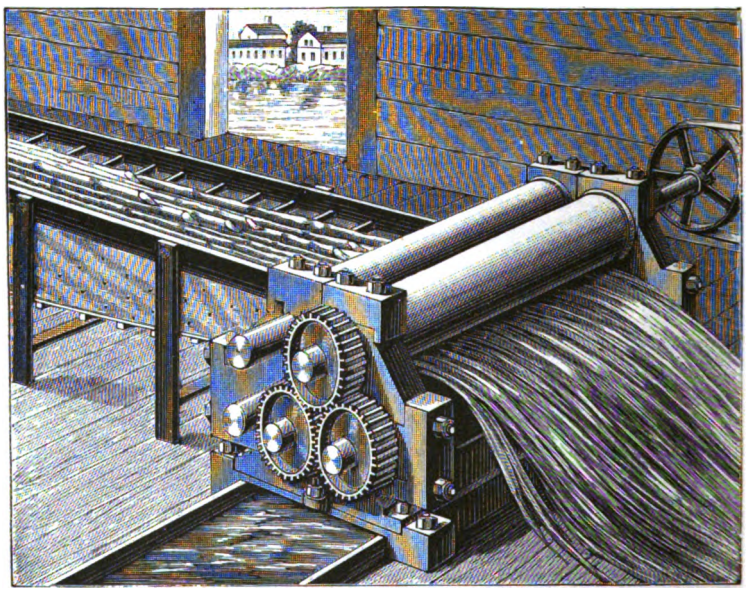
Zuckerrohrtransport.

ist der Rübenzucker heute ein wichtiger Handels- und Exportartikel, so daß er selbst dem Rohrzucker in seiner Heimat Concurrenz macht. Das Verhältnis zwischen Rohr- und Rübenzucker hat sich also gerade umgekehrt. In der Einleitung zu diesem Abschnitte haben wir erwähnt, mit welchen Schwierigkeiten die ersten Rübenzuckerfabriken zu kämpfen hatten, um sich neben der erdrückenden Einfuhr des Colonialzuckers zu behaupten. Und heute wird selbst in den Tropen, in der Heimat des Zuckerrohres, Rübenzucker consumirt. Gerade in den letzten Jahren hat aber der Rübenzucker neuerlich große Bedeutung gewonnen, da durch die Unruhen auf Cuba und durch den spanisch-amerikanischen Krieg die Zuckerproduction Cubas einen empfindlichen Stoß erlitt. Und Cuba erzeugte in normalen Jahren rund 700.000 t à 1000 kg.



Digitized by Google

Zwischen der fabriksmäßigen Erzeugung des Rohr- und des Rübenzuckers besteht jedoch ein gewaltiger Unterschied. Während nämlich die Rübenzuckerfabriken durchwegs eine moderne Einrichtung besitzen, sich zur Saftgewinnung des Diffusionsverfahrens bedienen und auch sonst ihr Augenmerk auf eine nach Möglichkeit hohe Ausbeute richten, wird die Gewinnung des Rohrzuckers weitaus weniger sorgfältig betrieben. Man gewinnt den Saft durch Quetschen der Stengel, wobei die Ausbeute nur gering ist und verarbeitet ihn weit weniger sorgfältig, als es wünschenswerth und im Interesse der Industrie gelegen wäre. Auch herrscht häufig Mangel an Brennmaterial, die Transportverhältnisse sind ungünstig, und diese



Zuckerrohrquetsche.

Umstände tragen natürlich auch nicht dazu bei, die Fabrikation zu heben. Und endlich darf es uns vielleicht auch nicht wundern, wenn man in einem Klima, in welchem der Pflanzenwuchs so üppig ist und in welchem die Natur fast mühelos den Menschen mit allem Nothwendigen versieht, weniger Werth auf eine hohe Ausbeute legt. Zuckerrohr gedeiht üppig und ist in großen Mengen vorhanden — ob da in den ausgepreßten Stengeln, der Bagasse, welche als Brennmaterial dient, mehr oder weniger Zucker zurückbleibt, scheint schließlich gleichgiltig, ebenso ob das fertige Product bedeutende Mengen Invertzucker enthält, der dem europäischen Zuckerfabrikanten das größte aller Uebel wäre. Man begnügt sich aber auch mit einer Ausbeute von circa 60% des im Rohre enthaltenen Zuckers, während in den Rübenzuckerfabriken aus 100 kg Rübe mit rund 14% Zucker im großen Durchschnitte über 12 kg gewonnen werden.

Digitized by Google

Zuckerrohrernte.



Digitized by Google

Die Zuckerrohrmelasse unterscheidet sich von der Rübenmelasse durch einen angenehmen, aromatischen Geschmack und Geruch, weshalb sie auch zu Genußzwecken verwendet wird. Weitaus die größere Menge wird aber vergohren und in primitiven Destillirapparaten abdestillirt. Die Gährung verläuft jedoch nicht rein, d. h. es entstehen neben Alkohol noch zahlreiche andere, riechende und schmeckende Stoffe, welche flüchtig sind und in das Destillat übergehen. Das Destillat aber ist der Rum.

In den letzten Jahren hat man aber auch schon begonnen der Verarbeitung des Zuckerrohres ein erhöhtes Augenmerk zuzuwenden. So hat man in einzelnen Fabriken das unrationelle Verfahren der Saftgewinnung durch Auspressen der Stengel verlassen und ist zum Diffusionsverfahren übergegangen. Desgleichen wird die Reinigung des Saftes sorgfältiger vorgenommen, wie man überhaupt bestrebt ist, die Ausbeute nach Möglichkeit zu verbessern. — —

Wird Saccharose mit verdünnten Säuren erwärmt, so wird sie in zwei neue Zuckerarten, in Dextrose und Lävulose gespalten. Das bei der Inversion der Saccharose, wie dieser Vorgang genannt wird, entstehende Gemisch gleicher Mengen Dextrose und Lävulose vermag nicht zu krystallisiren und wird „Invertzucker" genannt.

Der Invertzucker schmeckt süßer als die Saccharose. Er wird häufig von Zuckerbäckern, zur Bereitung von Ausbruchweinen und zu ähnlichen Zwecken verwendet und besitzt den Vortheil, daß er den Käufer des immerhin umständlichen und zeitraubenden Lösens größerer Zuckermengen enthebt. — —

Die Benennung der beiden, durch Inversion aus dem Rohrzucker, der Saccharose entstehenden Zuckerarten „Dextrose" und „Lävulose" ist von ihrem Verhalten gegenüber dem polarisirten Lichte abgeleitet. Den Weltraum haben wir uns mit Materie in äußerst feiner Vertheilung erfüllt zu denken, die wir „Lichtäther" oder kurz „Aether" nennen. Das Licht, das wir wahrnehmen, wird durch wellenförmige Bewegung, durch Schwingung dieser Aethertheilchen hervorgerufen und fortgepflanzt. Diese Schwingungen nun erfolgen immer senkrecht auf die Fortpflanzungsrichtung des Lichtstrahles, sie können demnach in den unendlich vielen Radien eines Kreises liegen, den wir uns um den Lichtstrahl als Mittelpunkt beschrieben denken. Durch gewisse Hilfsmittel, deren eingehende Besprechung uns zu weit führen würde, vermögen wir jedoch diese Schwingungen in solcher Weise zu beeinflussen, daß sie in einer Ebene erfolgen. Licht, welches sich durch solche parallele Aetherschwingungen fortpflanzt, nennt man „polarisirtes Licht", es unterscheidet sich durch verschiedene Eigenschaften vom gewöhnlichen Lichte.

Das geeignetste Mittel, polarisirtes Licht zu erhalten, ist in der Verwendung von Kalkspathkrystallen gegeben. Passirt ein gewöhnlicher Lichtstrahl einen solchen Krystall, so wird er in zwei Strahlen zerlegt, gleichzeitig aber auch polarisirt. Die Doppelbrechung des Lichtstrahles ist auch die Ursache, weshalb wir durch einen Krystall von sogenanntem „Isländischem Doppelspath" einen Punkt oder eine Linie doppelt sehen; wichtiger als diese Erscheinung ist aber der schon erwähnte Umstand, daß beide Lichtstrahlen polarisirt sind.

Digitized by Google

Während nun ein gewöhnlicher Lichtstrahl eine Zuckerlösung ebenso durchläuft wie jede andere Flüssigkeit, erfährt polarisirtes Licht eine Ablenkung, und diese Ablenkung ist verschieden je nach der Zuckerart, die wir zur Bereitung der Lösung verwendeten. Saccharose lenkt den polarisirten Lichtstrahl nach rechts ab, weit stärker „dreht" jedoch der Traubenzucker, und dieser Rechtsdrehung wegen gab man ihm den aus dem Lateinischen abgeleiteten Namen „Dextrose". Die Lävulose dagegen dreht den polarisirten Lichtstrahl nach links, und dieser Thatsache verdankt sie ebenfalls ihren aus dem Lateinischen geholten Namen. Der Invertzucker, der, wie wir wissen, keine besondere Zuckerart, sondern ein Gemisch gleicher Theile Dextrose und Lävulose ist, dreht aber den polarisirten Lichtstrahl auch nach links, da die Lävulose stärker nach links dreht als die Dextrose nach rechts. Es wäre aber auch möglich, durch Vermischen ungleicher Mengen Lävulose und Dextrose eine Lösung beider Zuckerarten zu bereiten, in welcher die Dextrose der Menge nach überwiegt und die Linksdrehung der Lävulose vollständig aufhebt, so daß diese Lösung keinen Einfluß auf den polarisirten Lichtstrahl ausübt und „optisch inactiv" ist.

Die Eigenschaft der Zuckerarten, die Ebene des polarisirten Lichtes abzulenken, wird benützt, um in ebenso eleganter wie rascher Weise den Gehalt einer Zuckerlösung an Zucker zu ermitteln, da die Größe der Ablenkung außer von der Länge der Schicht auch vor den Concentration der Lösung abhängig und ihr proportional ist. Die Beobachtung der Größe der Ablenkung geschieht in den sogenannten „Polarisationsapparaten", welche so eingerichtet sind, daß sie an einer Scala direct die Ablesung von Procenten Zucker gestatten, wenn eine bestimmte Menge der zuckerhaltigen Substanz, z. B. Rohzucker, der Untersuchung zu Grunde gelegt wurde. Für die Zuckerindustrie sind diese Apparate höchst wichtige Instrumente, da sie ein äußerst exactes Hilfsmittel bilden, den Gehalt der Rübe, der verschiedenen Zwischenproducte und der Endproducte der Zuckerfabrikation — Melasse und Rohzucker — an Zucker zu ermitteln und dadurch ihren Werth zu bestimmen. — —

Aus ganz kleinen und bescheidenen Anfängen hat sich die Rübenzuckerindustrie zur heutigen Größe entwickelt. Um uns von dieser aber einen richtigen Begriff zu machen, brauchen wir nur einige wenige statistische Daten heranzuziehen.

In der Campagne 1897/98 wurden in Deutschland 1·7, in Oesterreich rund 1 Million Tonnen Rüben geerntet und verarbeitet. Zusammen also 2·7 Millionen Tonnen oder 2700 Millionen Kilogramm. Nun vermag ein Eisenbahwagen 10.000 kg Ladung zu fassen. Zum Transporte dieser Rübenmenge wären also 270.000 Waggons nöthig, die zu einem Zuge verbunden die Länge von — gering gerechnet — 1350 km einnehmen würden.

Die Ernte, der Transport und die Verarbeitung dieser gewaltigen Rübenmenge vertheilt sich aber, wie wir wissen, nicht etwa auf das ganze Jahr, sondern sie spielt sich innerhalb des kurzen Zeitpunktes von drei bis höchstens vier Monaten ab. An einer früheren Stelle haben wir schon angegeben, welche bedeutende Wasser-

Digitized by Google

menge in einer mittelgroßen Zuckerfabrik während der Campagne täglich verdampft werden muß. Berechnen wir diese Wassermenge für die erwähnten 2·7 Millionen Tonnen, so kommen wir zu einer Zahl, welche wir wohl niederschreiben und aussprechen können, die aber so groß ist, daß wir uns von ihr keine rechte Vorstellung zu geben vermögen. Sie wird uns aber deutlicher, wenn wir uns vergegenwärtigen, daß eine Zuckerfabrik, welche täglich 500 t, also rund 50 Waggons Rübe verarbeitet, pro Tag 10 bis 11 Waggons Kohle verzehrt. Allerdings dient diese Kohle nicht ausschließlich zur Verdampfung des Wassers, wohl aber der größte Theil derselben. Es giebt uns aber ein Bild von der Größe der Fabrikation, wenn wir uns vergegenwärtigen, daß täglich ein Zug, bestehend aus 60 Waggons, beladen mit Rübe und Kohle, von solch einer mittleren Fabrik verarbeitet wird und daß der aus 50 Waggons Rübe erzeugte Zucker, wenn er sogleich verfrachtet würde, geringe gerechnet, ebenfalls 6 Waggons füllen könnte.

Vor einigen Jahren gelang es der Chemie, einige Stoffe aufzufinden und deren Darstellung zu lehren, welche weitaus süßer sind wie der Zucker. Es sind dies das heute allgemein bekannte Saccharin und das Dulcin. Man hat damals ängstliche Gemüther schon den Ruin der Zuckerindustrie prophezeien gehört. Alle diese schwarzen Vorhersagungen haben sich jedoch nicht erfüllt und werden sich auch nicht erfüllen, denn das Saccharin und das Dulcin vermögen nie und nimmer den Zucker zu ersetzen, schon aus dem Grunde nicht, da sie ganz anders schmecken. Ferner sind diese Stoffe nicht gährungsfähig, sondern eher gährungshemmend, endlich ist der Zucker im vollsten Sinne des Wortes ein Nahrungsmittel, während Saccharin und Dulcin unverändert den Organismus passiren.

Auch die Versuche, echten Zucker auf synthetischem Wege darzustellen, sind noch lange nicht so weit gediehen, daß man überhaupt an eine Verwerthung in der Praxis denken könnte. Und selbst wenn es gelungen sein wird, Saccharose im Laboratorium aus den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zu erzeugen — und diese Entdeckung wird wohl kaum mehr lange auf sich warten lassen — wird dies die Zuckerindustrie kaum irgendwie berühren. Denn die Sonnenwärme wird voraussichtlich, indem sie in den grünen Blättern der Rübe aus Kohlensäure und Wasser Zucker bildet, immer noch billiger arbeiten, als das erst aufzufindende synthetische Verfahren. Vorläufig sind und bleiben wir also immer noch auf den Zucker angewiesen, welchen wir aus dem Safte der Rübe und des Zuckerrohres zu gewinnen vermögen.

Digitized by Google

# Stärke, Dextrin und Stärkezucker.

Nahezu in allen Theilen der grünen Pflanzen können wir das Vorhandensein eigenthümlicher Gebilde nachweisen, welche die Form kleiner, charakteristisch geformter Körnchen besitzen. Es ist dies die Stärke, welche im Leben der Pflanze eine große Rolle spielt und auch Gegenstand der fabriksmäßigen Gewinnung ist.

Im chemischen Sinne gehört die Stärke, gleich dem Zucker, zu den Kohlehydraten. Sie besteht aus den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff und wird in den grünen Pflanzenzellen unter der Einwirkung des Sonnenlichtes wahrscheinlich unmittelbar aus Kohlensäure und Wasser gebildet. Da die Blätter der Entstehungsort der Stärke sind, so lassen sich in diesen stets auch namhafte Mengen nachweisen. Doch häuft sich in den Blättern die Stärke nicht an, sondern sie wandert nach gewissen Theilen, in welchen sie aufgespeichert wird, um der Pflanze später als Nahrung zu dienen. Solche Theile sind beispielsweise die Knollen der Kartoffel, die im reifen Zustande bis zu 20% Stärke enthalten, oder die Samen der Pflanzen, die der Hauptmenge nach aus Stärke bestehen.

In beiden Fällen spielt die Stärke die Rolle eines Reservestoffes. Sie ist bestimmt, der jungen Pflanze oder dem Keimling, ehe dieser selbst im Stande ist, sich durch den Vorgang der Assimilation zu ernähren, als Nahrung zu dienen. Den gleichen Zweck besitzt aber auch der in der Rübe aufgespeicherte Zucker, dann die Eiweißkörper, welche in den Samen enthalten sind, Fett und andere Stoffe.

Um jedoch von dem Entstehungsorte, den Blättern, nach der Wurzel, den Knollen oder den Samen zu wandern, muß die Stärke gelöst werden. Nun ist sie aber in Wasser vollkommen unlöslich, dagegen geht sie durch Erwärmen mit Säuren in einen neuen Körper über, welchen wir Stärkezucker, Traubenzucker oder Dextrose nennen. Die Pflanze besitzt nun ebenfalls die Fähigkeit, die Stärke in

Digitized by Google

Traubenzucker umzuwandeln. Sie vermag aber auch, was wir nicht können, aus Traubenzucker wieder Stärke herzustellen. Dieser Vorgang spielt sich nun in jeder Pflanze ab. Die durch Assimilation entstandene Stärke wird gelöst und wandert als Lösung von Zelle zu Zelle, wobei sie vorübergehend wiederholt und an verschiedenen Stellen der Pflanze als Stärke abgelagert, bald aber wieder in Lösung gebracht wird. Endlich gelangt sie nach den Knollen oder nach den Samen, und wird hier festgelegt, um in einem späteren Zeitpunkte wieder zur Bildung neuer Organe herangezogen zu werden.

Für die Pflanzenfresser und den Menschen ist die Stärke als Nahrungsmittel von der größten Bedeutung. Jede Nahrung setzt sich aus drei Gruppen von chemischen Verbindungen zusammen, aus Eiweißkörpern, Fett und Kohlehydraten. Die Stärke ist nun jenes Kohlehydrat, welches am häufigsten zur Nahrung dient, und neben den Eiweißkörpern den eigentlichen nährenden Bestandtheil der Cerealien und der Gemüse, des Brotes und des Mehles bildet.

Kartoffelstärke. Vergrößerung 500.

Aber nicht nur als Nahrungsmittel, auch für manche Zweige der Technik besitzt die Stärke große Wichtigkeit. Sie ist daher auch Gegenstand der industriellen Gewinnung, welche wir jetzt besprechen wollen. Es sei jedoch gleich hier bemerkt, daß die Stärkefabrikation weniger in das Gebiet der chemischen als vielmehr der mechanischen Technologie gehört. Denn chemische Vorgänge spielen dabei keine oder doch nur eine sehr untergeordnete Rolle, und die Fabrikation besteht in nichts anderem als in der systematischen Trennung der Stärke von den sonstigen, in den Rohmaterialien der Stärkefabrikation enthaltenen Stoffen.

Zur Gewinnung der Stärke werden hauptsächlich Kartoffel, Weizen, Mais und Reis verwendet, dann aber auch tropische Pflanzen, wie Manihot, Maranta und Canna, welche die Arrowrootstärke liefern. Auch der als Suppeneinlage benützte Sago ist Stärke und wird aus dem Marke der Sagopalme dargestellt.

Die aus den verschiedenen Rohmaterialien hergestellten Stärkesorten zeigen zwar die gleiche chemische Zusammensetzung und das gleiche chemische Verhalten, doch unterscheiden sie sich durch ihre Form und durch gewisse physikalische Eigenschaften.

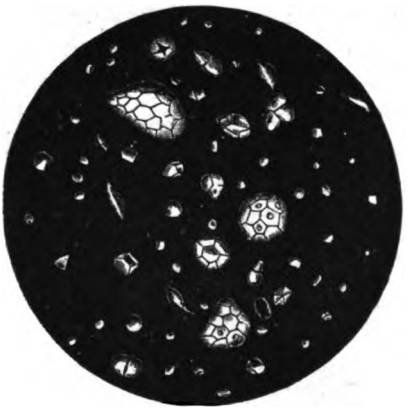
Bringen wir beispielsweise Kartoffelstärke unter das Mikroskop, so sehen wir, daß sie aus großen, eigenthümlich geschichteten Körnern besteht. Ein ganz anderes Bild zeigt die Weizenstärke und alle anderen Stärkesorten. Das Mikroskop ist daher ein ausgezeichnetes Hilfsmittel, um einerseits die Stärkesorten untereinander zu erkennen und um andererseits festzustellen, ob keine Verfälschung vorliegt, ob

Digitized by Google

beispielsweise nicht Weizenstärke mit Kartoffelstärke, welche billiger ist, verfälscht wurde.

Wird Stärke mit Wasser verrieben und erwärmt, so tritt bei einer bestimmten Temperatur eine Veränderung ein. Die früher milchweiße und dünne Flüssigkeit

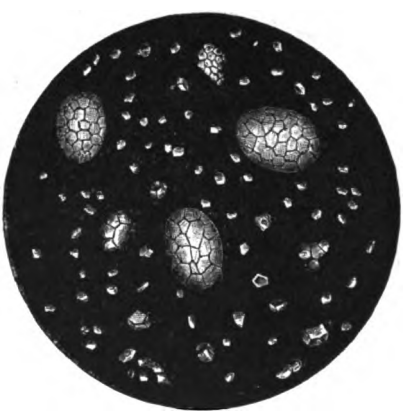
Weizenstärke.



Haferstärke.

wird dick und opalisirend und durchscheinend, die Stärke ist nun verkleistert. Die Verkleisterungstemperatur ist aber nicht bei allen Stärkesorten die gleiche, sie liegt zwischen 50 und 70°. Kartoffelstärke verkleistert beispielsweise zwischen 50 und 56, Weizenstärke aber erst zwischen 65 und 67·5°.

Roggenstärke.



Reisstärke.

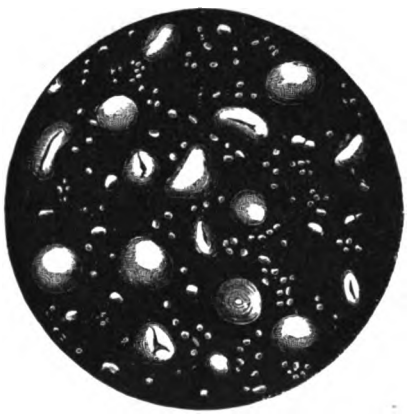
Mit Jod bildet die Stärke eine Verbindung von schön blauer Farbe. Diese Reaction ist äußerst empfindlich und kann sowohl zum Nachweise von Stärke, als auch von Jod dienen, denn eine Flüssigkeit, welche nur $^1/_{52800}$ Jod enthält, wird durch Stärkekleister noch deutlich blau gefärbt. Bei großer Ver-

Digitized by Google

dünnung ist die Färbung roth oder violett, bei hoher Concentration dagegen fast schwarz.

Die wichtigsten Veränderungen aber, welche das Stärkemehl erleiden kann, sind jene, welche durch die bloße Einwirkung der Wärme, ferner durch Verdauungsflüssigkeiten, durch die sogenannte Diastase und durch verdünnte Säuren bewirkt werden. Die Verdauungsflüssigkeiten enthalten eigenthümliche Körper, sogenannte chemische Fermente, sie kommen im Speichel, im Magensafte u. s. w. vor. Aehnliche Fermente, zu welchen auch die Diastase gehört, finden sich auch in vielen Pflanzen, und sie bewirken die Umwandlung der als Vorrath für die spätere Entwickelung der Pflanze in den Zellen aufgespeicherten Stärke in Zucker, Gummi und andere lösliche Verbindungen.

Erhitzt man Stärkemehl bis gegen 160° C., so verwandelt es sich in eine schwach gelbliche Masse, welche in Wasser löslich ist und Dextrin genannt wird. Befeuchtet man die Stärke vorher mit verdünnter Salpetersäure, so erfolgt diese Umwandlung schon bei einer Temperatur, welche wenig über dem Siedepunkte des Wassers liegt.



Gerstenstärke.

Durch Einwirkung von Speichel auf Stärkemehl — noch mehr aber von Magensaft — wird es ebenfalls in lösliche Körper verwandelt, und zwar entstehen Dextrin und Stärkezucker.

In keimendem Getreide bildet sich ein noch wenig bekannter Körper, die Diastase. Sie besitzt die Eigenschaft, schon bei gewöhnlicher Temperatur, noch energischer aber etwa bei 60°, Stärke in Dextrin und Traubenzucker umzuwandeln. Die Durchführung des Malzungsprocesses in der Branntweinbrennerei und der Bierbrauerei hat den Zweck, die Bildung von Diastase und die Umsetzung des Stärkemehles in Dextrin und Traubenzucker zu veranlassen.

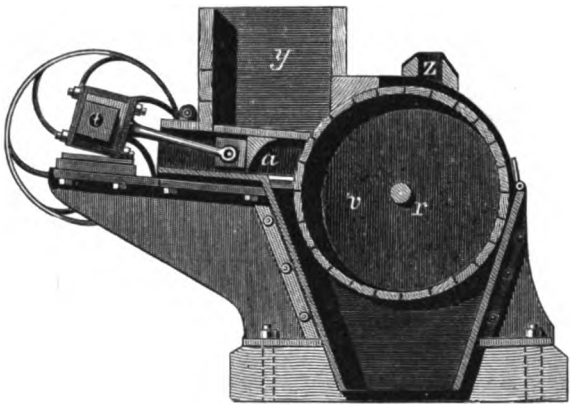
Genau die gleiche Umwandlung findet aber auch statt, wenn Stärkemehl mit sehr verdünnten Säuren, z. B. mit Schwefelsäure gekocht wird. Es entsteht zunächst Dextrin, welches dann in Stärkezucker, Traubenzucker oder Dextrose übergeht.

Die Abscheidung der Stärke aus den Pflanzenzellen geschieht, wie erwähnt, auf rein mechanischem Wege, und zwar dadurch, daß man die Pflanzentheile so fein als möglich zerreibt und dadurch die Zellen, in welchen die Stärke abgelagert ist, öffnet. Behandelt man nun diesen Brei mit Wasser, so wird das Stärkemehl aufgeschlämmt. Es bildet dann mit dem Wasser eine milchige Flüssigkeit, aus der sich in der Ruhe das Stärkemehl in Form eines weißen, sehr zarten

Digitized by Google

Pulvers abscheidet, welches nur getrocknet zu werden braucht, um fertige Handelswaare zu liefern.

So einfach nun auch dieser Vorgang zu sein scheint, so stellen sich doch seiner Durchführung im Großen zahlreiche Schwierigkeiten entgegen. Bei gewissen Rohmaterialien, so z. B. bei den Getreidearten werden außer dem Stärkemehle auch noch andere Körper mechanisch in dem Wasser vertheilt, und setzen sich dann aus diesem mit dem Stärkemehle zu Boden. Es müssen dann besondere Verfahren angewendet werden, um aus solchen Rohmaterialien reine Stärke zu gewinnen.

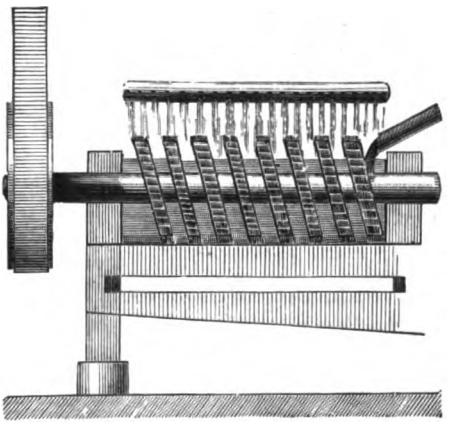


Fesca'sche Kartoffelreibe.

Wohl die größte Menge der im Handel vorkommenden Stärke wird aus Kartoffeln dargestellt. Zu diesem Zwecke werden die Kartoffeln zunächst gewaschen, um sie von der anhaftenden Erde und dem Schmutze zu befreien und dann mit Hilfe besonderer Reibevorrichtungen zu einem feinem Breie zerrieben. Je sorgfältiger das Reiben vorgenommen wird, je zarter der Brei ausfällt, desto mehr Zellen werden geöffnet, und desto höher wird die Ausbeute sein.

Eine der am häufigsten angewendeten Reibevorrichtungen wurde von Fesca construirt; die obenstehende Abbildung zeigt diese Maschine im Verticalschnitte.

Durch den Stoßkolben a werden die in den Rumpf y eingefüllten Kartoffeln gegen den mit der Reibfläche versehenen Cylinder v, welcher sich rasch um seine Achse r dreht, angedrückt. Gleichzeitig spült ein Wasserstrahl die Reibfläche fortwährend ab, das Wasser strömt durch das Gefäß z ein.


Bürstensieb.

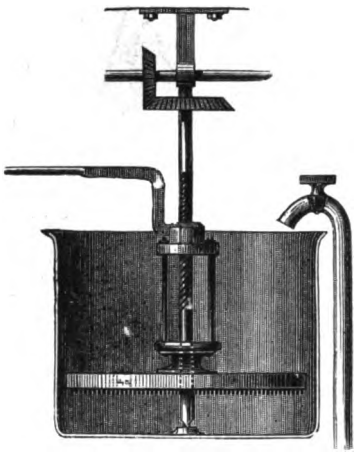
Der Kartoffelbrei besteht der Hauptsache nach aus zerrissenen Zellen und deren Inhalt. Die dem Zerreiben folgende Arbeit besteht nun darin, das Stärkemehl von den übrigen Substanzen, sowohl den festen, als auch den flüssigen zu trennen. Diese Trennung geschieht mit Hilfe von Sieben, welche im Wasser liegen, und auf welchen man den Kartoffelbrei mit rotirenden Bürsten bearbeitet. Die

Digitized by Google

kleinen Stärkekörnchen vertheilen sich im Wasser und passiren die Maschen des Siebes, während auf dem Siebe der Rückstand, die Pülpe, hinterbleibt.

Ueberläßt man nun die durch das Sieb gegangene Flüssigkeit der Ruhe, so klärt sie sich bald, und es entsteht ein schmutzig-weißer Bodensatz, über welchem eine bräunlich gefärbte Flüssigkeit steht. Der Bodensatz ist Stärkemehl, welches durch Kartoffelfasern, Theilchen der Schale u. s. w. verunreinigt ist, die Flüssigkeit ist das beim Reiben und Auswaschen benützte Wasser, in welchem das Fruchtwasser der Kartoffel, eine verdünnte Lösung von Salzen und Eiweißkörpern vertheilt ist. Man läßt dann das Fruchtwasser von der unreinen Stärke abfließen, und hat nun nichts weiter zu thun, als diese zu reinigen.

Zum Zwecke der Reinigung der rohen Stärke unterwirft man sie abermals einem Schlämmprocesse. Die Stärke selbst ist nämlich specifisch schwerer als die sie verunreinigenden Beimengungen, und setzt sich daher rascher als diese zu Boden. Man schlämmt also die Stärke mit Hilfe rotirender Bürsten in reinem Wasser auf und überläßt sie dann der Ruhe. Die sich schließlich auf der rein weißen Stärke absetzende bräunliche Schlammschicht wird mit einem Holzmesser abgeschabt. Diese Schlammstärke wird, um die darin enthaltene reine Stärke zu gewinnen, noch einer zweiten und dritten Schlämmoperation unterworfen, und endlich als minderwerthige Sorte verkauft.



Schlämmvorrichtung.

Die durch den Schlämmproceß gereinigte Stärke wird in Tücher eingeschlagen und von dem anhaftenden Wasser durch Abpressen befreit, oder aber in Centrifugen abgeschleudert. Schließlich wird sie noch künstlich getrocknet, die im Handel vorkommende Stärke erklärt jedoch immer noch etwa 15 bis 20% Wasser.

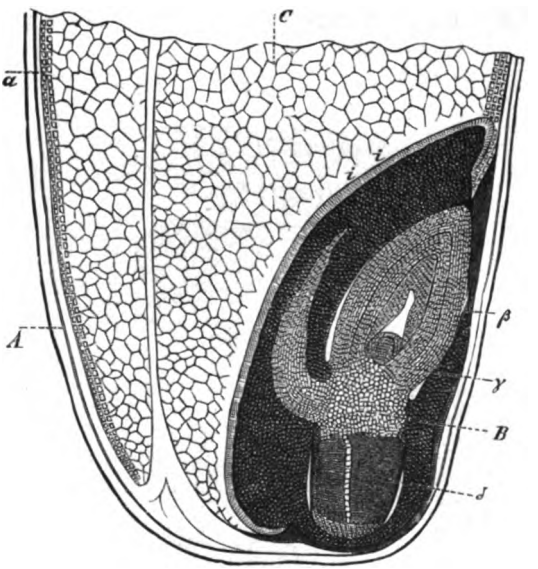
In der auf den Sieben hinterbleibenden Pülpe sind noch bedeutende Mengen Stärke enthalten, welche jedoch durch weiteres Abschlämmen nicht mehr gewonnen werden können. Man verwendet daher die Pülpe als Viehfutter, oder gewinnt einen Theil der darin enthaltenen Stärke nach einem besonderen Verfahren.

Das Stärkemehl besitzt nämlich eine große chemische Indifferenz, und dieses Verhalten kann dazu benützt werden, um es von den anderen in der Pülpe vorhandenen Stoffen zu trennen. Wirft man nämlich die Pülpe auf große Haufen und hält man diese feucht, so stellt sich binnen kurzer Zeit ein Fäulnisvorgang ein, bei welchem jedoch nur die Zellsubstanz ergriffen wird, während die Stärke selbst keine Veränderung erleidet. Die ganze Masse verwandelt sich in einen weichen, käseartigen Teig, aus welchem sich in den Schlämmapparaten nun wieder Stärke abscheiden läßt.

Digitized by Google

Die Fabrikation der Weizenstärke weicht in vielen Punkten von der Darstellung der Kartoffelstärke ab. Dies wird theils durch die verschiedene physikalische, theils durch die verschiedene chemische Beschaffenheit des Rohmateriales bedingt. Während nämlich die Kartoffel neben Cellulose zum größten Theile aus Stärkemehl und Wasser besteht, finden sich im Weizen und den anderen Getreidearten noch andere Körper in wesentlicher Menge vor, welche ganz besondere Verfahren zur Gewinnung dieser Stärkearten bedingen.

Wenn wir ein Weizenkorn im Durchschnitte betrachten, so sehen wir, daß es aus verschiedenen Theilen und Schichten besteht. Außen ist es von dem Hüllkörper oder der Samenschale, in der nebenstehenden Abbildung mit A bezeichnet, umgeben. Darunter liegt eine Zellschicht a, die sogenannten Kleberzellen, und auf diese folgt erst der Mehlkörper oder das Endosperm C. Es besteht aus zahlreichen großen Zellen, welche mit Stärke und einer stickstoffhaltigen Verbindung, dem Kleber, gefüllt sind. Man kann diesen Kleber, eine zähe, dehnbare Masse von lichtgelber Farbe, gewinnen, wenn man Weizenmehl in einem Tuche in Wasser auskuetet. Die Stärkekörnchen gehen dann in das Wasser über, während der Kleber in dem Tuche verbleibt.




Längsschnitt durch ein Weizenkorn.

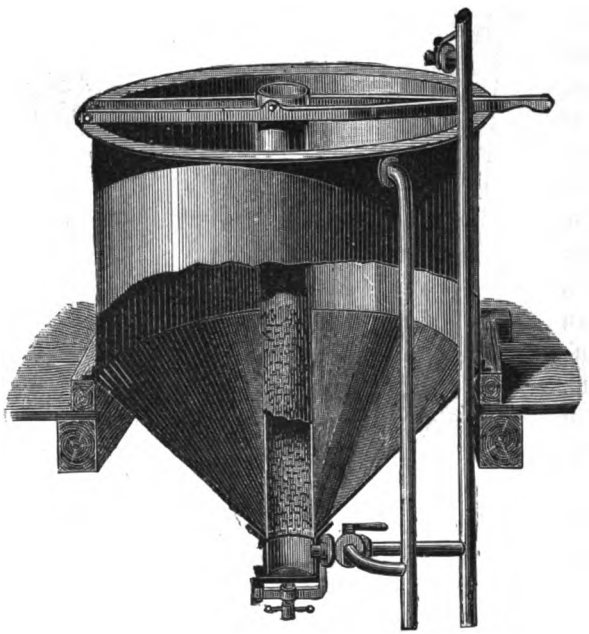
A Frucht- und Samenschale, a Kleberzellschicht, B Keimling, γ Stammanlage, β Blattanlage der künftigen Pflanze, δ Radicula, C Mehlkörper oder Endosperm.

Bei der Fabrikation der Weizenstärke handelt es sich nun in erster Linie darum, eine vollständige Trennung des Klebers von dem Stärkemehle auszuführen. Diese Trennung ist jedoch mit mancherlei Schwierigkeiten verknüpft, da eben Kleber und Stärke in dem Weizenkorne auf das innigste gemengt sind. Auch durch das sorgfältigste Auswaschen gelingt es nicht, den Kleber vollständig von der Stärke zu befreien.

Nun ist aber der Kleber ein äußerst werthvolles, stickstoffhaltiges Nahrungsmittel, und er steht in seinem Nährwerthe dem Fleische, Eiern und dem Käse sehr nahe. Der Kleber ist es auch, welcher neben dem Stärkemehle den Nährwerth des Mehles und des daraus bereiteten Brotes bedingt.

Digitized by Google

Um nun diesen werthvollen Körper nicht zu verlieren, ist es die Aufgabe des Weizenstärkefabrikanten, das Verfahren der Abscheidung der Stärke in solcher Weise einzurichten, daß eine nach Möglichkeit große Menge des Klebers gewonnen wird. Leider wird aber heute noch in den meisten Fabriken die Arbeit so geleitet, daß man weniger auf eine Gewinnung des Klebers, als vielmehr auf eine Zerstörung desselben hinarbeitet. Man sucht nämlich den Kleber durch Hervorrufung gewisser Processe, welche unter die Gährungserscheinungen zu rechnen sind, zu zerstören, indem man das geschrotete Getreide mit Wasser anrührt und der Fäulnis überläßt. Dabei wird der Kleber theils zersetzt, theils gelöst, und verliert seine zähe, klebrige Beschaffenheit, welche der Abscheidung der Stärke im Wege steht.



Quellstock.

Wie es aber im Kleinen möglich ist, durch Kneten und Auswaschen den Kleber von der Stärke zu trennen, so gelingt dies auch unter Verwendung geeigneter Vorrichtungen im Großen und dieses „süße", oder ungarische Verfahren verdient daher vor dem „sauren" oder „Hallenser Verfahren", unbedingt den Vorzug. Denn das saure Verfahren beansprucht zu seiner Durchführung nicht nur einen vier- bis fünfmal größeren Raum und eine vier- bis siebenmal längere Zeit wie das süße Verfahren, sondern der bei letzterem gewonnene Kleber steht im Preise auch fast doppelt so hoch als die Weizenstärke.

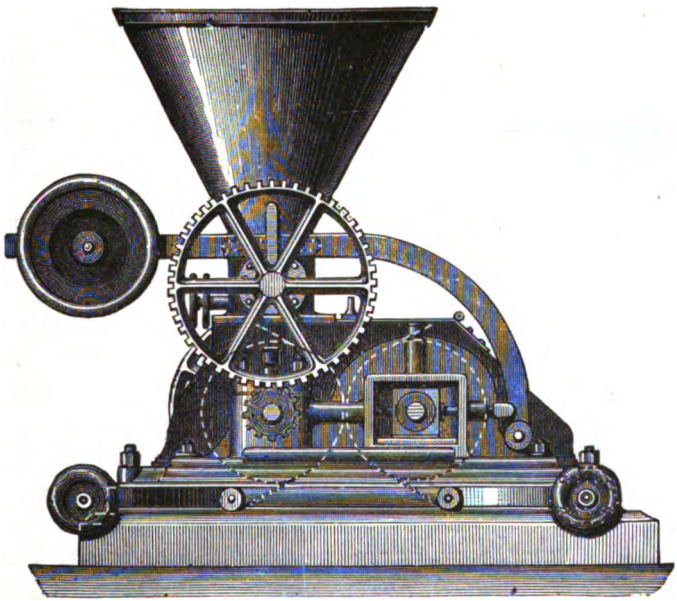
Zur Ausführung des sauren oder Hallenser Verfahrens wird der Weizen in Wasser eingeweicht, eingequollen, wobei das Wasser wiederholt gewechselt wird. Ist das Getreide endlich mit Wasser vollgesogen, was nach ungefähr sechs Tagen der Fall zu sein pflegt, so werden die Körner geschroten, mit anderen Worten, in Stücke zerquetscht, dies geschieht unter Benützung besonderer Schrotmühlen.

Dann wird das geschrotete Getreide in großen Kufen der Gährung überlassen. Dabei steigt die Masse in den Gährgefäßen sehr bedeutend, außerdem entwickeln sich höchst übelriechende Gase. Die ganze Masse überzieht sich mit einer dichten, hoch emporsteigenden Schaumdecke, welche nach einiger Zeit zusammensinkt.

Digitized by Google

Der anfangs alkoholische Geruch wird sauer und macht später einem solchen Platz, welcher an alten Käse oder an ranzige Butter erinnert. Schreitet die Gährung dann noch weiter fort, so stellt sich ein sehr entschiedener und höchst widerlicher Fäulnisgeruch ein. Durch diese Vorgänge wird der Kleber gelöst und die Stärkekörner können nun leicht durch Schlämmen von den übrigen Stoffen getrennt werden.

Wird das geschrotete Getreide nur mit einer solchen Menge Wasser angerührt als nöthig ist, um einen dicken Brei zu erhalten und überläßt man diesen der Gährung, so erhält man schließlich eine braune, sehr zähe Masse, welche große



Schrotmühle.

Klebkraft besitzt. Besonders dient sie als vortreffliches Klebemittel für Leder und Gewebe und wird daher auch zu diesem Zwecke ganz allgemein angewendet. Es ist dies der bekannte „Schusterpapp", welchen man durch Zugabe einer geringen Menge Alaun conserviren und dann, soferne man die Masse vor dem Austrocknen bewahrt, längere Zeit unverändert aufbewahren kann.

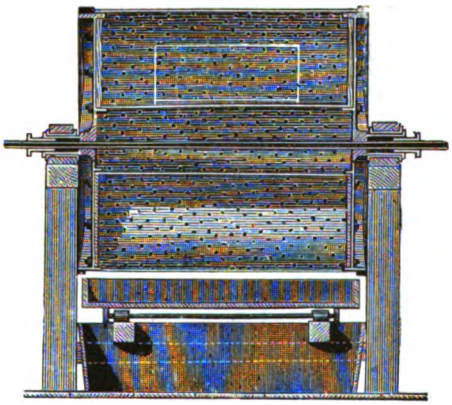
Zur Gewinnung der Stärke aus der gegohrenen Masse wird diese zunächst so vollständig als möglich vom „Sauerwasser" getrennt und dann in rotirenden Trommeln mit Wasser behandelt. Die Stärke geht dabei in das Wasser über, während in der Trommel Cellulose, Keime, Klebertheilchen u. s. w. zurückbleiben.

Die Rohstärke wird dann durch Abschlämmen in großen Bottichen von den mitgerissenen Hülsen und Kleberflocken getrennt und endlich getrocknet.

Digitized by Google

Die getrocknete Stärke wird in den verschiedensten Formen in den Handel gebracht. Um die sehr geschätzte Strahlen- oder Krystallstärke zu erhalten, hüllt man den zu trocknenden Stärkekuchen in Papier. Er zerfällt dann in die gewünschten scharfkantigen Stücke. Zur Erzielung einer rein weißen Farbe wird die Stärke — ähnlich wie dies zur Erzeugung eines weißen Zuckers geschieht — mit Ultramarin ganz schwach gebläut, um den gelblichen Stich zu verdecken, oder man bleicht sie mit Chlorkalk.

Die Darstellung der Weizenstärke nach dem „süßen" Verfahren besteht im Wesentlichen in einem gründlichen Auswaschen des gequollenen und geschroteten Kornes in besonderen Vorrichtungen und unter Anwendung strömenden Wassers. Häufig geht man jedoch nicht vom ganzen Weizenkorne aus, sondern vom Weizenmehle. Dann wird aus dem Mehle zunächst ein Teig bereitet, den man zwischen Walzen zu flachen Stücken formt. Diese Teigstücke werden dann auf Sieben, auf welche Wasser in Form eines feinen Regens fällt, ausgewaschen. Die weitere Reinigung der Rohstärke geschieht auch hier in der schon besprochenen Weise.



Waschtrommel zur Gewinnung der Stärke.

Bei dem süßen Verfahren wird der Kleber ebenfalls gewonnen. Je nachdem man ganzes Korn oder Mehl verarbeitete, erhält man ihn im Gemische mit den Schalen, oder aber als ziemlich reine Masse, welche nur noch Stärke einschließt. Wie erwähnt, besitzt er einen hohen Nährwerth und er wird deshalb entweder als Viehfutter oder aber zur Herstellung von Nudeln, Maccaroni, Graupen u. s. w. verwendet.

Der frische Kleber geht jedoch sehr rasch in Zersetzung über. Man war deshalb bestrebt, ihn zu einem haltbaren Präparate zu verarbeiten. Dies scheint auch gelungen zu sein, und das bekannte „Aleuronatmehl" wird aus dem bei der Weizenstärkefabrikation gewonnenen Kleber dargestellt. Man verwendet dieses Aleuronat zur Herstellung von besonders eiweißreichem Brot.

Die Stärke wird in der Technik zu den verschiedensten Zwecken verwendet. So dient sie zur Darstellung des schon erwähnten Dextrins, dann des Stärkezuckers und des Stärkezuckersyrups. Das „Appretiren" der Gewebe geschieht, indem man sie mit Stärkekleister überzieht und durch warme Walzen laufen läßt, dann dient Stärkekleister zum Kleben, als Verdickungsmittel beim Zeugdruck, zum Steifen der Wäsche und zu vielen anderen Zwecken. Eine der wichtigsten Verwendungsarten ist jedoch die Darstellung des Stärkezuckers, welche wir jetzt besprechen wollen.

Digitized by Google

Die Reaction, durch welche Stärke in Stärkezucker übergeht, haben wir schon erwähnt, man braucht nur in Wasser aufgeschlämmte Stärke mit verdünnter Schwefelsäure zu kochen. Dabei wirkt die Schwefelsäure jedoch einzig und allein nur durch ihre Gegenwart, sie wirkt spaltend auf das Stärkemolecül ein, wobei dieses in Dextrose übergeht. Aus Zwischenstufen dieser Spaltung bilden sich jedoch zunächst Dextrine, welche sich dann in Dextrose umwandeln.

Die Möglichkeit, die Stärke durch Behandlung mit Säure zu verzuckern, wurde im Jahre 1811 von Kirchhoff in Petersburg entdeckt. Diese Entdeckung fiel in die Zeit der Continentalsperre, und da man anfangs die entstandene Zuckerart für Rohrzucker hielt, gab man sich den weitgehendsten Hoffnungen hin. Inzwischen war jedoch, wie wir wissen, die Möglichkeit der Darstellung des Rübenzuckers erkannt worden, auch sah man bald ein, daß der Stärkezucker mit der Saccharose nicht identisch ist. Wenn trotzdem die Fabrikation von Stärkezuckersyrup festen Fuß faßte, so lag dies wohl daran, daß die Rübenmelasse den Colonialsyrup nicht zu vertreten vermag und man ihn, wo es anging, durch Stärkezuckersyrup zu ersetzen versuchte. Andererseits stellte man aber auch festen Traubenzucker dar, der zu verschiedenen Zwecken Verwendung findet.

Theoretisch müßte eine gegebene Menge Schwefelsäure eine unendliche Menge Stärke verzuckern, da sie nur spaltend wirkt. Im Laufe des Processes wird sie aber neutralisirt und muß daher erneuert werden. Wenn es sich um die Darstellung von festem Stärkezucker handelt, so muß der Kochproceß mit Säure längere Zeit hindurch andauern, um nur Stärkezucker und keine Dextrine zu erhalten. Man prüft die Flüssigkeit von Zeit zu Zeit auf ihr Verhalten gegenüber Jodlösung. Tritt keine Blaufärbung mehr ein, so ist dies ein Zeichen, daß nun keine unveränderte Stärke mehr vorhanden ist. Die Jodprobe zeigt aber nicht an, ob auch die zunächst entstehenden Dextrine schon verzuckert sind. Dies erfährt man durch Versetzen einer Probe mit Alkohol, Dextrine werden gefällt, Dextrose dagegen nicht. Doch versagt diese Probe, wenn nur mehr geringe Mengen Dextrin neben viel Dextrose vorhanden sind, da diese die Fällung beeinträchtigt. Man setzt daher in der Praxis das Kochen noch etwa eine halbe Stunde lang von dem Zeitpunkte fort, in welchem keine Dextrine mehr nachgewiesen werden können.

Die Lösung von Stärkezucker wird dann mit kohlensaurem Calcium neutralisirt, wobei sich die Schwefelsäure in Form von Gips ausscheidet, und von diesem in Filterpressen getrennt. Dann bringt man die Flüssigkeit durch Eindampfen auf eine höhere Concentration, filtrirt sie über Knochenkohle, um die gelbbraune Färbung zu entfernen und verkocht dann schließlich in Vacuumapparaten. Schließlich läßt man den Syrup in große eiserne Kühlpfannen ablaufen, in welchen er allmählich erstarrt.

Will man dagegen Stärkezuckersyrup darstellen, so ist die Verzuckerung derart durchzuführen, daß noch Dextrine in der Lösung verbleiben, da diese das Auskrystallisiren der Dextrose verhindern. Sonst stimmt die Fabrikation des Syrups im Wesentlichen mit jener des festen Traubenzuckers überein.



Digitized by Google

Wird Stärke bei einer 70° nicht übersteigenden Temperatur mit Malz behandelt, so bewirkt das im Malze vorhandene Ferment, die Diastase, ebenfalls eine Lösung und Spaltung der Stärke. Doch entsteht dann nicht Dextrose, sondern eine andere Zuckerart, die Maltose. Die auf diese Weise dargestellte Zuckerlösung unterliegt sehr leicht, wenn sie verdünnt ist, dem Verderben. Sie wird daher sobald als möglich concentrirt und als Malzsyrup, Malzzucker oder Malzextract in den Handel gebracht.

Stärkezucker oder Stärkezuckersyrup dient auch zur Darstellung der sogenannten Zuckercouleur, welche zum Färben von Liqueuren, Rum, Bier, Essig u. s. w. verwendet wird. Zuckercouleur ist eine Lösung der Röstproducte, welche man durch Erhitzen von Stärkezucker, gewöhnlich unter Zusatz einer geringen Menge Soda, erhält. Die entstehende dunkelbraune Masse wird dann in Wasser gelöst, und über Kohle filtrirt.

Der Traubenzucker schmeckt weniger süß wie der Rohrzucker. Um den durch einen Theil Rohrzucker bewirkten süßen Geschmack hervorzurufen, müssen 2·5 Theile Stärkezucker verwendet werden. Deshalb und auch wegen seiner sonstigen Eigenschaften ist der Traubenzucker kein Ersatzmittel für Rohrzucker, doch wird er oft in der Bierbrauerei und besonders zum Einsieden von Früchten verwendet. Er wäre jedoch einer bedeutend ausgedehnteren Anwendung fähig, wenn reinere Sorten auf den Markt gebracht würden, denn nur in der Darstellung eines wirklich reinen Präparates liegt die Zukunft der Stärkezuckerfabrikation.

Digitized by Google

# Die Gährungsgewerbe.

Ueberlassen wir eine klare, zuckerhaltige Flüssigkeit sich selbst, so können wir bald bemerken, daß sie einer eigenthümlichen Veränderung unterliegt. Die anfangs klare Lösung beginnt sich zu trüben und auf ihrer Oberfläche sammelt sich weißer Schaum an. Die Trübung wird immer stärker, wir können das Entweichen von Gasblasen beobachten, und wenn dieses Stadium seinen Höhepunkt erreicht hat, ist die Gasentwickelung so stark, daß die Flüssigkeit zu kochen scheint. Bald beginnen diese Erscheinungen aber wieder nachzulassen, die Gasentwickelung wird langsamer und hört schließlich ganz auf. Nun beginnt sich auch die Flüssigkeit zu klären und am Boden des Gefäßes setzt sich eine lockere, braune Masse ab.

Kosten wir nun die Flüssigkeit, so finden wir, daß der süße Geschmack vollständig verschwunden ist. Sie schmeckt nun „geistig“ und wirkt, in größeren Mengen genossen, vorübergehend giftig oder berauschend.

Einen solchen Vorgang, wie den beschriebenen pflegen wir als „Gährung“ zu bezeichnen. Die Gährung besteht im Wesentlichen darin, daß der in der Flüssigkeit ursprünglich enthaltene Zucker eine Spaltung erleidet, wobei einerseits Alkohol, andererseits Kohlensäure entsteht. Es sind aber kaum tausend Jahre her, seit es gelungen ist, den „Geist“ — dies bedeutet das arabische Wort al Kohol — oder das „brennbare Wasser“ aus den gegohrenen Flüssigkeiten abzuschneiden.

Die Ansichten, welche man in früherer Zeit über das Wesen der Gährung hegte, waren zwar sehr hübsch ausgedacht, sie vermochten aber in keiner Weise eine nach unseren Begriffen stichhältige Erklärung zu geben. Gewöhnlich faßte man die Gährung als einen Veredlungs- oder Reinigungsvorgang auf, bei welchem sich das Feine und Flüchtige von dem Unreinen und Unedlen schied. Das Flüchtige war aber der Alkohol, das Unreine die Hefe, welche sich nach beendeter



Digitized by Google

Gährung ablagert. Und nur von dieser Erklärung des Gährungsvorganges kann es kommen, daß man heute noch im Sprachgebrauche den Ausdruck „Hefe“ für Werthloses und Niedriges anzuwenden pflegt.

Im Jahre 1680 machte der berühmte Naturforscher Leeuwenhoek, der Erfinder des Mikroskopes, die Wahrnehmung, daß die Hefe ein organisirter Körper sei. Zwar waren die ihm zur Verfügung stehenden Instrumente noch so unvollkommen, daß er nicht im Stande war, diese seine Entdeckung weiter zu verfolgen, ja er war nicht einmal im Stande, einen Unterschied zwischen den Körnern des Stärkemehles und den Gebilden der Hefe zu machen. Doch legte er durch seine Wahrnehmung den Grundstein zu jener Wissenschaft, welche wir jetzt als die Lehre von den Gährungserscheinungen oder als Gährungschemie bezeichnen und die die Ausbildung mehrerer ursprünglich ganz handwerksmäßig betriebener Gewerbe zu großen und bedeutenden Industrien im Gefolge hatte.

Schon zu Beginn dieses Jahrhundertes neigten zahlreiche und namhafte Gelehrte der Anschauung zu, daß die in der Hefe vorkommenden Organismen einen Antheil an den Gährungsvorgängen haben müssen. Diese Anschauung, welche wir heute als die allein richtige anerkennen, konnte sich jedoch lange Zeit nicht Bahn brechen, und zwar einzig und allein auf die Autorität Liebig's hin, welcher das Vorhandensein der Organismen in der Hefe als etwas rein Zufälliges erklärte.

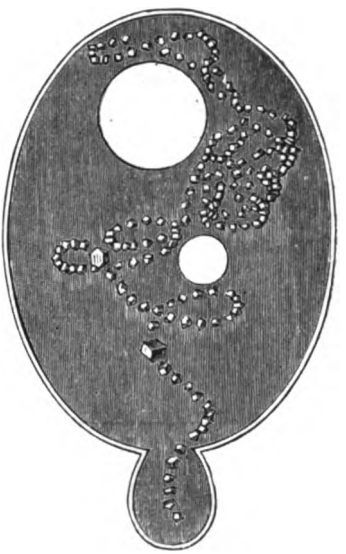
Ein deutscher Chemiker, Theodor Schwann, hatte zwar durch zahlreiche und ungemein scharfsinnige Beobachtungen in unwiderlegbarer Weise gezeigt, daß ohne die Mitwirkung dieser Organismen ein Gährungsvorgang überhaupt nicht denkbar ist. Doch erfuhr er leider an Stelle der verdienten Anerkennung von Seite der Fachgelehrten nicht allein die völlige Ablehnung seiner Theorie, sondern er wurde auch in unwürdiger Weise verhöhnt. Eine Spottschrift, welche noch dazu in einer wissenschaftlichen Zeitschrift veröffentlicht wurde, behandelte die Frage der Mitwirkung der Organismen bei der Gährung von der humoristischen Seite. Die von Schwann mit vollem Rechte als die Ursache der Gährung angesehenen Organismen wurden als Thiere dargestellt, welche den in der Flüssigkeit vorhandenen Zucker auffressen und dafür Alkohol und Kohlensäure abgeben und so außerordentlich gefräßig seien, daß sie sich, sobald aller Zucker in der Flüssigkeit verbraucht sei, gegenseitig aufzehren.

Erst als der französische, leider schon gestorbene Gelehrte und Chemiker Pasteur genau zu den gleichen Ergebnissen kam wie Schwann, gelangte die Anschauung, daß die Gährung ein von der Entwickelung gewisser Organismen untrennbarer Vorgang sei, endlich zur entgiltigen Annahme.

Liebig behauptete, daß die Gährung dadurch zu Stande komme, daß ein Eiweißmolecül zerfalle und die dadurch in der Flüssigkeit entstehende Bewegung sich auf immer neue Körpertheilchen, also auch auf den Zucker übertrage und diesen zum Zerfalle bringe. Aus einer kleinen Ursache sollte also eine große Wirkung entstehen, ähnlich wie aus der Schneeflocke eine Lawine werden kann.

Digitized by Google

Schwann dagegen hatte gezeigt, daß es genüge, eine sonst ungemein leicht zersetzbare und in Gährung übergehende Flüssigkeit bei Luftabschluß bis zum Kochen zu erhitzen, um sie dadurch dauernd vor dem Eintreten der Gährung zu bewahren, da eben durch die Kochhitze die Gährungserreger getödtet werden. Er hatte ferner gezeigt, daß man zu einer solchen Flüssigkeit auch Luft treten lassen könne, welche vorher durch glühende Röhren, Schwefelsäure oder auch nur durch eine Schicht Baumwolle geführt wurde, ohne daß Gährung eintrat. Dann wurden eben die in der Luft vorhandenen Gährungserreger durch diese Behandlung entweder getödtet oder zurückgehalten. Schwann hatte also, um uns eines heute allgemein üblichen Ausdruckes zu bedienen, die Flüssigkeit und die Luft „sterilisirt", ein Vorgang, welcher heute zu den täglichen Arbeiten des Gährungschemikers und Bakteriologen gehört. Alle Nahrungsconserven, wie Sardinen, Hummer u. s. f., sind durch Erhitzen sterilisirt, d. h. keimfrei gemacht und durch das Blechgefäß, welches sie luftdicht umschließt, gegen die Aufnahme von Gährungsorganismen, zu welchen auch die Fäulniserreger gehören, geschützt.



Hefezelle.
Vergrößerung 5000.

Jene Organismen nun, welche Alkohol- oder geistige Gährung hervorzurufen vermögen, sind Pilze von ungemein einfachem Körperbau. Sie bestehen aus einer einzigen Zelle, an welcher nur wenige Einzelheiten unterschieden werden können. Selbst bei sehr starken Vergrößerungen erkennt man nur ihre mehr oder minder kugelige oder eiförmige Gestalt, welche von einer farblosen Hülle, der Zellhaut oder Membrane umgeben ist. Unter dieser liegt eine ungefärbte Substanz von dickflüssiger Beschaffenheit, das Protoplasma, in welchem sich perlschnurähnlich angeordnete Gebilde unterscheiden lassen. Ferner beobachtet man im Inneren noch eine wechselnde Anzahl eiförmiger oder kugeliger Hohlräume, welche als Vacuolen bezeichnet werden.

Die Vermehrung dieser Organismen, der Hefe, welche zur Gattung der Sproßpilze, Saccharomyces, gehören, findet, je nachdem die Pflanze vom Zutritte der Luft abgeschlossen ist, z. B. untergetaucht in einer zuckerhaltigen Flüssigkeit, oder wenn ihr Luft zur Verfügung steht, in verschiedener Weise statt. Bei Luftabschluß, also in gährenden Flüssigkeiten, geht die Vermehrung in der Weise vor sich, daß eine Zelle, die sogenannte Mutterzelle, an einer Stelle eine Ausbuchtung bekommt, welche immer größer wird, bis sie schließlich die Größe der Mutterzelle erreicht hat. Endlich schließt sich die diese Ausbuchtung umgehende Membran vollständig ab und aus der Mutterzelle sind zwei selbstständige Individuen

Digitized by Google

geworden, welche sich wieder durch Sproßung in der angegebenen Weise weiter vermehren. Dieser Vorgang erfolgt sehr rasch und bedingt die geradezu massenhafte Vermehrung der Hefe in einer gährenden Flüssigkeit. Schon in der zwanzigsten Generation sind auf diese Weise aus einer einzigen Mutterzelle über eine Million Nachkommen entstanden.

Diese Art der Vermehrung durch Sproßung tritt immer ein, wenn die Zellen vom Zutritte der Luft, beziehungsweise des Sauerstoffes abgeschlossen sind. Bei ungehindertem Luftzutritte ist jedoch die Entwickelung der jungen Individuen eine andere. Dann erreicht eine Zelle, welche ebenfalls als Mutterzelle bezeichnet werden kann, eine bedeutendere Größe als alle anderen und in ihrem Inneren entwickeln sich zwei bis vier kleine Zellen. Das ganze Gebilde wird nun Ascus

Hefezellen von Saccharomyces.

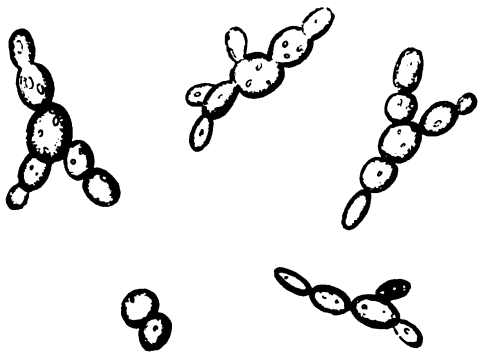
a junge Zellen, b Zellen in Abschnürung begriffen, c Sproßverbände, d Asci oder Sporenschläuche, e und f andere Hefeformen.

oder Sporenschlauch genannt und die kleinen Zellen werden als Schlauchsporen oder Ascosporen bezeichnet. Bringt man einen solchen Sporenschlauch in eine gährungsfähige Flüssigkeit, so beginnt er sich alsbald zu verändern: die Schlauchsporen schwellen so stark an, daß sie schließlich die sie umgebende Hülle sprengen und sich in der Flüssigkeit zu Zellen gewöhnlicher Größe entwickeln. In der Folge verhalten sie sich nun genau so wie gewöhnliche Sproßpilze, sie zerlegen Zucker in Alkohol und Kohlensäure und vermehren sich durch Sproßung.

In der Luft sind stets Hefezellen vorhanden, welche in gährungsfähige Flüssigkeiten gelangen und diese in Gährung versetzen. Auch an jeder reifen Traube sitzen solche Zellen und überhaupt kennen wir heute eine große Anzahl solcher Gährungspflanzen, welche im Naturzustande in der sporenbildenden Form auf den süßen Früchten vorkommen, in den Saft derselben untergetaucht, aber bald in die sproßende Form übergehen und vergährend wirken.

Digitized by Google

Zwei Arten von Sproßpilzen sind aber im Laufe der Zeit zu Culturpflanzen im vollsten Sinne des Wortes geworden, indem man sie absichtlich für bestimmte Zwecke fort und fort züchtet. Es sind dies jene Sproßpilze, welche man als Unterhefe der Biergährung bezeichnet, und jene, welche die Ursache der Gährung in den obergährigen Bieren und in den Branntweinmaischen bilden. Die Unterhefe dient zur Darstellung der untergährigen Biere, wie man sie in Deutschland, Oesterreich und Nord-Europa bereitet, die Oberhefe in englischen Brauereien und in der Spiritusfabrikation, endlich liefert sie auch, durch Abpressen so weit als möglich entwässert, die Preßhefe des Handels.



Formen der Unterhefe.

Zu ihrer Ernährung und zur Bildung neuer Individuen, also zur Fortpflanzung, bedarf die Hefe außer des Zuckers auch noch anderer Nährstoffe, nämlich stickstoffhaltige Substanz (Eiweiß) und phosphorsaure Salze, außerdem muß ihr Sauerstoff zur Verfügung stehen. Wir wissen aber, daß die Hefe auch von der Luft abgeschlossen, also in Flüssigkeiten untergetaucht sich zu entwickeln und zu vermehren vermag. Dann deckt sie eben, im Gegensatze zu anderen Lebewesen, ihren Bedarf an Sauerstoff aus chemischen Verbindungen, welche sie zum Zerfalle bringt oder vergährt. Man bezeichnet diesen Vorgang als intramoleculare Athmung.

Formen der Oberhefe.

Der Lebensproceß der Gährungsorganismen spielt sich nun in der Weise ab, daß durch die Membran der Zellen, obwohl sich an ihr auch bei der Betrachtung mit den stärksten Mikroskopen keine Oeffnungen wahrnehmen lassen, Lösungen gewisser Stoffe in das Innere der Zellen und gleichzeitig andere von innen nach außen treten. Aus der sie umgebenden Flüssigkeit nimmt nun die Hefe Salze, stickstoffhaltige Körper und Zucker auf. Sowohl die Salze, als auch ein Theil der übrigen genannten Verbindungen werden von der Hefe zurückgehalten und zur Bildung neuer Zellen verwendet. Der Rest wird wieder ausgeschieden, und zwar in Form neuer Verbindungen, welche man als Gährungsproducte bezeichnet. Sie bestehen vorwiegend aus Alkohol und Kohlensäure, außerdem werden bei der geistigen Gährung immer noch kleine Mengen anderer Stoffe, wie Glycerin und Bernsteinsäure, sowie die Fuselöle gebildet. Im

Digitized by Google

concentrirten Zustande riechen die Fuselöle höchst widerwärtig, und in größerer Menge, wie beispielsweise im unreinen Branntwein genossen, wirken sie geradezu als zwar schleichende, aber furchtbar wirkende Gifte. Stark verdünnt machen sie sich jedoch unserem Geruchssinne höchst angenehm bemerkbar, und die edle Blume des Weines, der angenehme Geruch aller vergohrenen Fruchtsäfte, der Fruchtbranntweine, sowie des Bieres wird zum großen Theile durch Fuselöle hervorgerufen.

Außer der geistigen Gährung kennen wir jedoch auch noch andere Gährungsvorgänge, die ebenfalls durch Lebewesen verursacht werden, bei welchen jedoch nicht Alkohol und Kohlensäure, sondern andere Körper als Gährungsproducte erscheinen. Schon die Naturforscher vergangener Zeiten schrieben, daß zwischen der Gährung im engeren Sinne des Wortes und jenen Erscheinungen, welche als Verwesung, Fäulnis und sogenannte „Selbstzersetzung" bezeichnet werden, ein Zusammenhang bestehen müsse — doch erst im Laufe der jüngsten Jahrzehnte ist in dieser Richtung Entscheidendes gethan worden, indem man den Weg klarstellte, welcher beim Studium dieser Vorgänge eingeschlagen werden muß.

Die Gährungsorganismen aber, welche wir jetzt im Auge haben und welche die Ursache der Essig-, Milch- und Buttersäuregährung sind, sowie verschiedene Krankheiten der Milch und die Reifungsvorgänge des Käses bedingen, unterscheiden sich durchaus von der Hefe. Während diese zu den Sproßpilzen, ihrer Vermehrung durch Sproßung wegen, gezählt wird, gehören das Essigsäure-, das Milch- und Buttersäureferment und viele andere zu den Spaltpilzen und auch diese Bezeichnung ist von der Art und Weise ihrer Vermehrung abgeleitet. Sie besitzen die Gestalt cylindrischer gerader oder gekrümmter Stäbchen und pflanzen sich dadurch fort, daß sich ein Individuum in zwei oder mehrere neue Individuen spaltet, etwa so wie eine aus Münzen gebildete Rolle in Stücke zerfällt, wenn man die Umhüllung der Rolle zerreißt. Gewöhnlich pflegt man sie jedoch mit dem bekannteren Namen Bakterien oder Bacillen zu bezeichnen.

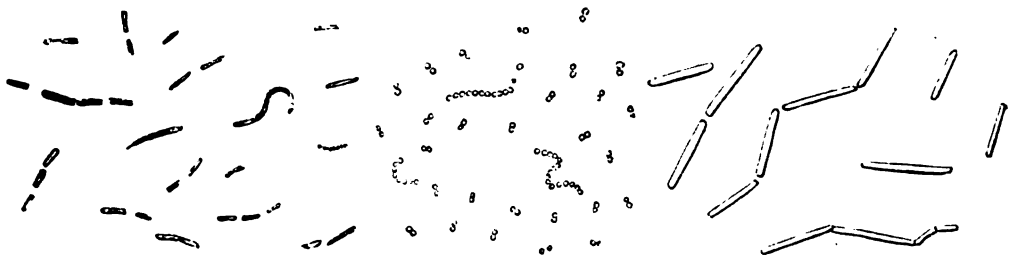
Die Verbreitung dieser Wesen scheint eine geradezu unbegrenzte zu sein, denn sie werden thatsächlich überall gefunden, wo man nach ihnen sucht. Man findet sie ebenso im krystallklaren Alpenquell wie in der Luft, welche über den ewigen Gletschern des Hochgebirges oder dem Oceane lagert; man findet sie im Ackerboden ebenso wie auf allen lebenden und todten Organismen — sie sind wahrhaft allgegenwärtig. Welche Rolle diesen Wesen im Haushalte der Natur zukommt, ist für uns noch in Dunkelheit gehüllt. So weit wir sie bis nun kennen, erscheinen sie gewissermaßen als die Vertreter des Satzes: „Alles was besteht, ist werth, daß es zugrunde geht." Denn wo immer wir der Thätigkeit der Bakterien nachforschen, machen wir die Wahrnehmung, daß sie als Zerstörer der Organismen auftreten: Verwesung und Fäulnis sind nur Erscheinungen, welche sich an die Wirkung gewisser Bakterien knüpfen. Manchen Bakterien scheint aber die Aufgabe zugetheilt zu sein, geradezu in das vollkräftigste Leben einzugreifen und es zu vernichten, um den todten Körper der zerstörenden Wirkung der Fäulnisbakterien

Digitized by Google

zu überantworten. Die als Seuchen auftretenden Krankheiten, die oft binnen wenigen Wochen Tausende dahinraffen, sind auf die Entwickelung von Bakterien zurückzuführen, und zwar von Bakterien von solcher Giftigkeit, daß sie den Tod der Befallenen häufig schon binnen sehr kurzer Zeit herbeizuführen vermögen.

Im täglichen Leben finden eigentlich nur zwei Bakterienarten allgemeine Anwendung: jene, welche die Eigenschaft besitzt, Alkohol in Essigsäure überzuführen und jene, welche die Umwandlung des Milchzuckers in Milchsäure veranlaßt. Doch sind, wie erwähnt, auch Bakterien bei der Reifung des Käses, sowie bei der Brotgährung thätig, und man beginnt jetzt schon, diese Formen in sogenannten „Reinculturen" zu züchten und zur Anwendung zu bringen.

Das Essigbakterium wird in den Essigfabriken absichtlich gezüchtet, es stellt sich aber auch oft genug als ungebetener Gast in Wein- und Bierkellern ein, wo es das Verderben der betreffenden Erzeugnisse veranlaßt. Das Milchsäurebakterium spielt in der Spiritusfabrikation zum Zwecke der Löslichmachung von eiweißartigen Körpern eine wichtige Rolle; durch seine Thätigkeit gerinnt die Milch und kommt der angenehm saure Geschmack des eingesäuerten Kohles, der Sauergurken u. s. w. zu Stande.



Essigpilz. Milchsäurepilz. Buttersäurepilz.

Während die Essig- und Milchsäure bildenden Bakterien unter Umständen schon recht ungebetene Gäste sind, erscheint uns jenes Bakterium, welches Buttersäure bildet, wohl stets als solcher, denn es ist neben anderen Bakterien der Urheber des Ranzigwerdens der Fette.

Und gegen jene Bakterien, welche die Fäulnisvorgänge bedingen, haben wir täglich zu kämpfen und dieser Kampf kommt dort zum Ausdrucke, wo es sich um die Frischerhaltung von Nahrungsmitteln handelt. Da die Vermehrung der Bakterien bei einer 0° betragenden Temperatur allem Anscheine nach ganz zum Stillstande kommt, so legen wir leicht zersetzbare Stoffe auf das Eis, oder wir tödten die ihnen anhaftenden Bakterien durch Salz (Einpökeln), durch Kreosot (Räuchern) oder durch Erhitzen, wie dies durch das Kochen und Braten der Speisen geschieht.

Jene Bakterien, welche bei der Fäulnis auftreten, vermögen sich auch im Blute eines lebenden Organismus fortzuentwickeln und oft den Tod desselben in kurzer Zeit herbeizuführen; wir erinnern nur an die sich fast alljährlich erreignenden

Digitized by Google

Todesfälle durch Leichengift, welches, beziehungsweise die Fäulnisbakterien, durch den Stich einer Mücke oder Fliege, die auf einem Aase gesessen hatte, übertragen wird.

In welcher Weise die Fäulnisbakterien im lebenden Organismus wirken, ist freilich noch nicht ganz aufgeklärt; wie es scheint, kommt ihnen aber allen eine das Blut entmischende Wirkung zu und daraus läßt sich der oft sehr rasch eintretende Tod erklären.

Gewisse Bakterien sind ferner die Ursache vieler verheerend auftretender Krankheiten, ja es hat sogar den Anschein, daß alle ansteckenden Krankheiten durch solche mikroskopische Lebewesen bedingt werden. Es ist auch thatsächlich schon gelungen, zahlreiche solcher Krankheitserreger aufzufinden, wie den Diphtheritis-, Cholera-, Tuberculosepilz, den Erreger der Pest und des Milzbrandes und viele andere. Die Kenntnis dieser Organismen ermöglichte aber auch die Auffindung von Gegenmitteln, durch welche die Bakterien theils selbst, theils die von ihnen ausgeschiedenen Giftstoffe unschädlich gemacht werden. Wir erinnern an das Behring'sche Heilserum zur Bekämpfung der Diphtheritis, an die Pasteur'sche Schutzimpfung gegen die Wuth, an das Koch'sche Tuberculin, welches allerdings leider nicht die daran geknüpften Hoffnungen erfüllte, aber heute ein häufig angewendetes Reagens ist, um die Erkrankung des Viehes an Tuberculose zu erkennen. Die Serumtherapie ist aber heute noch eine ganz junge Wissenschaft und es ist fast mit Bestimmtheit zu erwarten, daß sie mit Erfolg wird weiter ausgebaut werden und die Mittel geben wird, die gefährlichsten Feinde des Menschen, die Bakterien, zu bekämpfen.

Wir sehen also, daß das Reich der Mikroorganismen zahlreiche Angehörige besitzt, welche eminent schädlich sind. Daneben finden wir aber auch gewisse Arten, deren Wirkung für den Menschen von Nutzen sein kann und diese sind es, welche in den Gährungsgewerben angewendet werden. Es ist dies vor allem die Hefe, welche die Vergährung des Zuckers zu Alkohol veranlaßt und zur Fabrikation des Spiritus, des Bieres und des Weines dient, dann das Milchsäurebakterium und der Essigpilz, welcher Alkohol in Essigsäure überführt. Auch die Brotbereitung ist zu den Gährungsvorgängen zu rechnen. Hier bewirkt die Hefe in Gemeinschaft mit gewissen Bakterien die Lockerung des Brotteiges, mit der Hand in Hand auch eine gewisse Veränderung einzelner Bestandtheile des Mehles geht.

Die Wirkung der Hefe haben wir schon kennen gelernt. Wir wissen, daß sie den ihr zur Nahrung dienenden Zucker spaltet, die Spaltungsproducte sind der Hauptsache nach Alkohol und Kohlensäure. In welcher Weise aber die Hefe diese Spaltung bewirkt, ist noch lange nicht vollständig aufgeklärt, und gerade in der allerjüngsten Zeit haben die Versuche Professor Buchner's in dieser Richtung einiges Licht verbreitet und begründetes Aufsehen erregt.

Ein feststehender Grundsatz der Gährungslehre ist es, daß nur lebende Hefe zerlegend auf den Zucker zu wirken vermag. Wird die Hefe getödtet, etwa durch Erwärmen oder durch antiseptische Mittel, wie Salicylsäure, Borsäure und ähn-

Digitized by Google

liche, so bleibt der Zucker unverändert. Anders ist jedoch die Sache, wenn man Zuckerlösungen, wie es eben Professor Buchner gethan hat, mit frisch bereitetem Hefepreßsafte, der keine lebenden Zellen enthält, zusammenbringt. Dann tritt auch, und zwar binnen kurzer Zeit sehr lebhafte Gährung ein.

Zur Herstellung des Hefepreßsaftes ging Buchner in der Weise vor, daß er frische Hefe mit Sand verrieb, wodurch alle Zellen zerrissen und getödtet wurden. Durch Auspressen der Masse wurde dann der Zellinhalt gewonnen, und dieser vermag, wenigstens so lange er frisch ist, ebenfalls Zucker zu vergähren. Es hat also den Anschein, daß nicht die Hefepflanze als solche, sondern ein von ihr bereitetes chemisches Ferment, welches Buchner Zymase nennt, die Spaltung veranlaßt, in ähnlicher Weise also, wie nicht das Malz, sondern die in diesem vorhandene Diastase die Verzuckerung des Stärkemehles bewirkt.

Für die Praxis ist diese Entdeckung Professor Buchner's, vorläufig wenigstens, ohne Bedeutung. Doch bedeutet sie einen wichtigen Schritt nach vorwärts in unserer Kenntnis der Gährungvorgänge überhaupt, wenn auch nicht verkannt werden darf, daß noch viele Fragen der Erklärung und der Lösung harren.

Nach diesen einleitenden Betrachtungen über das Wesen der Gährung wenden wir uns nun den Gährungsgewerben, der Alkohol-, Bier- und Weinbereitung, sowie der Essigfabrikation zu.

## Spiritus und Preßhefe.

Unter allen Zweigen der gährungschemischen Technik ist jener, welcher sich mit der Erzeugung von Spiritus beschäftigt, entschieden der wichtigste. Er ist nicht nur ein Mittel zur Verwerthung von Bodenproducten und Nebenproducten anderer Großindustrien, sondern er bildet selbst die Grundlage eines ausgebreiteten Gewerbes: der Branntwein- und Liqueurfabrikation, er liefert den größten Theil des von den Essigfabrikanten verwendeten Urmateriales und producirt endlich einen in vielen Gewerben unentbehrlichen Körper: den Alkohol.

Die Verfahren, deren man sich zur Gewinnung von Spiritus bedient, lassen sich in drei Gruppen eintheilen, und zwar:

1. In die Methoden zur Verarbeitung stärkemehlhaltiger Stoffe;
2. in die Methoden zur Verarbeitung zuckerhaltiger Materialien, und
3. in die Verarbeitung alkoholhaltiger Materialien selbst.

In letzter Reihe muß zur Gewinnung des Alkohols immer eine alkoholhaltige Flüssigkeit vorliegen. Wenn daher schon das gegebene Rohmaterial selbst Alkohol enthält, wie etwa der Wein, so beschränkt sich die ganze Arbeit der Alkoholgewinnung auf die einfache Abscheidung des Alkohols von den übrigen Stoffen, und wir haben in diesem Falle die einfachste und deshalb wohl auch zugleich älteste Form der Branntweinbrennerei vor uns.

Digitized by Google

Enthält dagegen das Rohmaterial Zucker, so muß dieser zunächst vergohren werden, ehe man an das eigentliche Geschäft des Branntweinbrennens gehen kann; dieses Verfahren ist daher schon etwas complicirterer Natur als das erste.

Handelt es sich endlich darum, aus stärkehaltigen Rohstoffen Alkohol darzustellen, so ist der einzuschlagende Weg der umständlichste von allen. Dann muß zunächst das Stärkemehl in Zucker übergeführt werden, dieser wird vergohren und dann kann erst aus der vergohrenen Maische der Alkohol abgeschieden werden.

Diese drei Verfahren der Alkoholgewinnung sind so uralt, daß wir keine festen Anhaltspunkte über ihre Entstehung besitzen. Schon die ältesten Völker verstanden die Kunst, durch Vergährung süßer Früchte berauschende Getränke zu gewinnen, ja es ist sogar mit Sicherheit erwiesen, daß schon die alten Aegypter das umständlichste und schwierigste Verfahren der Darstellung von Alkohol, jenes, bei welchem Zucker zuerst aus Stärkemehl erzeugt und dieser dann vergohren wird, genau kannten. Denn auf dieser Umwandlung basirte ein im ganzen Lande verbreitetes und ausgeübtes Gewerbe, welches mit unserer modernen Bierbrauerei in vielen Stücken große Aehnlichkeit besaß.

So alt nun auch bei den verschiedenen Völkerschaften die Kenntnis der Verfahren zur Darstellung alkoholhaltiger Flüssigkeiten, berauschender oder geistiger Getränke ist, so ist doch die Kenntnis des Alkohols und seiner Darstellung aus gegohrenen Flüssigkeiten verhältnismäßig neuen Datums. Die eigenthümliche Wirkung der geistigen Getränke auf den Organismus, ihr aufregender, erheiternder und in größeren Mengen betäubender Einfluß auf das Nervensystem mußte schon in früheren Zeiten das Bestreben hervorrufen, den eigentlichen Träger dieser Wirkungen aus den gegohrenen Getränken im reinen Zustande darzustellen.

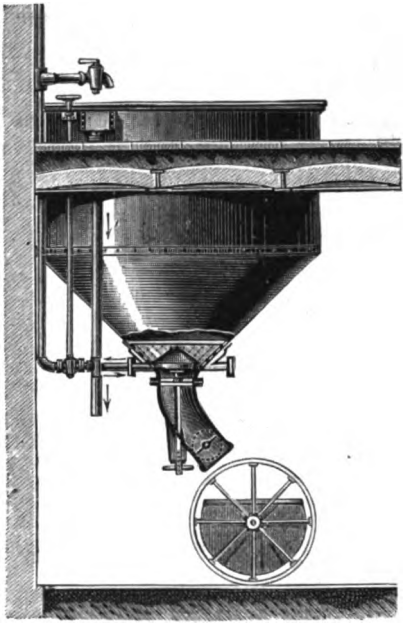
Marcus Graecus, welcher im 8. Jahrhunderte lebte, giebt in seinem Werke: „Liber ignium ad comburendos hostes" zuerst Andeutungen über die Gewinnung des „brennenden Wassers" aus Wein; merkwürdigerweise wurde jedoch erst im 13. Jahrhunderte die durch Destillation von Wein gewonnene Flüssigkeit allgemeiner bekannt. Besonders wurde sie als Arzneimittel, welches gegen die verschiedenen Krankheiten helfen sollte — daher der Name aqua vitae — von den größten Autoritäten jener Zeit empfohlen; italienische Kaufleute brachten die aqua vitae als Heilmittel gegen die Pest nach dem südlichen Deutschland.

Aber schon am Beginne des 15. Jahrhundertes wurde der ursprünglich nur als kostbare Arznei verwendete Branntwein vielfach als Genußmittel getrunken. Die von den Italienern gemachte Erfindung der Darstellung von Liquori oder Liqueurs — das sind versüßte und gewürzte Branntweine — trug zur Ausbreitung des Branntweingenusses viel bei. Schon im 16. Jahrhunderte sahen sich viele Regierungen veranlaßt, Verordnungen herauszugeben, durch welche dem übermäßigen Branntweintrinken Einhalt gethan werden sollte.

Bald nach dem Bekanntwerden der Methoden der Weingeistdarstellung erkannte man auch, daß derselbe aus zwei Körpern, einem wässerigen und dem eigentlich flüchtigen Bestandtheile bestehe und daß sich der letztere durch sorgsam

Digitized by Google

ausgeführte Destillation in der abdestillirten Flüssigkeit vermehren lasse. Den Branntweinbrennern jener Tage standen aber nur sehr unvollkommene Apparate zur Verfügung und sie nahmen deshalb die Destillation, beziehungsweise Rectification in hohen Apparaten vor, wie die Abbildung auf Seite 3 dieses Buches zeigt. Michael Savonarola aus Padua erzählt sogar, daß einer seiner Bekannten die Destillirblase im Erdgeschoße, den Helm jedoch unter dem Giebel des Hauses anbrachte, um bei langsamer Destillation eine recht starke aqua vitae zu erhalten. Da sich die Wasserdämpfe eher und leichter verdichten als der Alkoholdampf, gelingt es auf diese Weise allerdings, einen hochprocentigen Alkohol herzustellen. Heute geschieht dies aber mit Hilfe besonderer Apparate, die wohl ebenfalls sehr groß sind, aber weitaus rascher und besser arbeiten als jene, deren man sich in früheren Zeiten bediente.



Quellstock mit Wassereinströmmung von unten, zugleich Waschvorrichtung.

Wir wenden uns nun der Spiritusfabrikation selbst zu, und zwar wollen wir zunächst jenes Verfahren besprechen, bei welchem Alkohol aus stärkehaltigen Rohmaterialien, wie Kartoffeln oder Getreidearten dargestellt wird.

Die erste vorzunehmende Operation besteht darin, die Stärke in Zucker umzuwandeln oder zu „verzuckern". Wie wir wissen, kann dies nach zwei Verfahren geschehen. Entweder durch Erhitzen mit Säuren oder aber mit Hilfe des im Malze enthaltenen chemischen Fermentes, der Diastase. In den Spiritusfabriken, wird stets das letztgenannte Verfahren angewendet und die Darstellung des Malzes bildet daher einen Theil der Fabrikation selbst.

Wir haben schon an einer früheren Stelle darauf hingewiesen, daß die Stärke die Rolle eines Reservestoffes spielt und um von der Pflanze verwendet werden zu können, muß sie vorher in eine lösliche Form, in Zucker übergehen. Die Stärke, welche in den Samen unserer Getreidearten und überhaupt in den Samen enthalten ist, soll aber dem Keime zur Nahrung dienen und so lange sein Wachsthum und seine Entwickelung ermöglichen, bis die ersten grünen Blättchen gebildet wurden und nun der Vorgang der Assimilation, der Bildung organischer Substanz aus Kohlensäure und Wasser unter dem Einflusse des Sonnenlichtes selbstständig erfolgen kann.

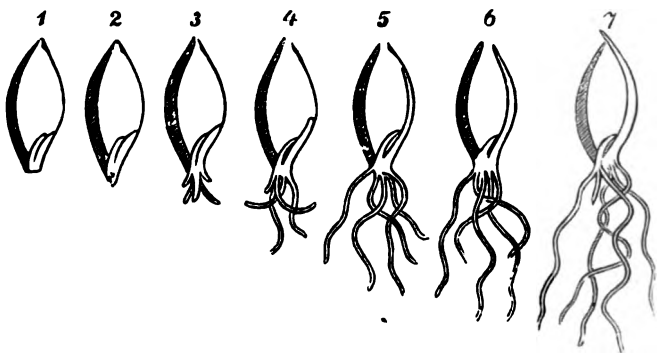
Wenn wir ein Gerstenkorn in feuchte Erde oder auf feucht gehaltenen Sand oder Papier legen, so beobachten wir zunächst, daß das Gerstenkorn zu quellen

Digitized by Google

beginnt, es nimmt also Wasser auf. Später bemerken wir an einem Ende des Kornes einen sich rasch vergrößernde weiße Stelle, aus welcher sich der Keim entwickelt, während am anderen Ende des Kornes die zarten Würzelchen ausbrechen.

Gleichzeitig beginnt aber auch das in der Gerste in sehr geringer Menge vorhandene chemische Ferment, die Diastase ihre Wirksamkeit, welche darin besteht, daß sie eine kleine Menge Stärke in Zucker umwandelt. Dann vermehrt sich aber auch die Menge der Diastase und dies herbeizuführen ist der Zweck des Malzens.

Zur Malzbereitung sind alle Getreidearten geeignet, am besten jedoch die Gerste, welche deshalb zu diesem Zwecke am häufigsten Verwendung findet. Bevor man sie dem Quellprocesse unterwirft, muß sie zunächst sorgfältig von beigemengtem Staub und Schmutz, sowie von Unkrautsamen befreit werden. Mit dem Schmutze und durch die Reinigung überhaupt wird nämlich eine bedeutende Menge von Schimmelpilzen und Bakterien entfernt, die sonst in die Maische gelangen und den Verlauf der Gährung höchst ungünstig beeinflussen würden.



Keimende Gerste. 1 bis 7 Stadien der Keimung.

Dann gelangt die gereinigte Gerste in den Quellstock. Es sind dies entweder große gemauerte Behälter oder sie sind aus Eisenblech verfertigt. In dem Quellstocke verbleibt die Gerste einige Zeit, durch das Quellwasser wird auch ein Theil des Schmutzes, sowie die tauben Körner, welche nicht untersinken, entfernt.

Hat die Gerste die „Quellreife" erlangt, was im Sommer nach 36 bis 48 Stunden, im Winter nach 3 bis 5 Tagen der Fall zu sein pflegt, so wird das Quellwasser abfließen gelassen und die Gerste nach der Tenne, jenem Raume, in welchem der Keimungsvorgang verlaufen soll, gebracht. Als Tenne verwendet man in der Regel große, luftige, unterirdisch gelegene Räume, auf deren Boden die gequollene Gerste in flachen Haufen ausgebreitet wird. Die Temperatur dieser Räume darf nicht zu hoch sein und soll zwischen 15 und 25° C. liegen. Bei zu tiefer Temperatur verläuft die Keimung zu langsam, bei zu hoher allerdings wesentlich rascher, doch wird dann auch eine große Menge der in der Gerste vorhandenen Stärke zu Kohlensäure verbrannt. Bei mittlerer Temperatur dagegen wird die größte Menge Diastase gebildet.

Während des Keimungsprocesses erhöht sich die Temperatur im Inneren der Haufen ganz bedeutend, die Gerste beginnt zu „schwitzen" und gleichzeitig werden

Digitized by Google

ziemliche Mengen Kohlensäure abgegeben. Man muß daher, um die Temperatur im Inneren der Haufen nicht zu hoch steigen zu lassen, die Haufen wiederholt umschaufeln, wobei man darauf Rücksicht nimmt, daß die in der Mitte des Haufens gelegenen Theile an die Ränder kommen und umgekehrt. Sobald die sich an den Körnern entwickelnden Wurzeln anderthalbmal so lang geworden sind als das Korn, wird die Keimung unterbrochen, denn dann hat sich erfahrungsgemäß die größte Menge Diastase gebildet. Die Zeitdauer, welche zur Erreichung dieses Punktes erforderlich ist, hängt von verschiedenen Umständen ab. So keimt dünnschalige Gerste rascher als dickschalige, desgleichen verläuft die Keimung bei höherer Temperatur rascher u. s. f.

Das Umschaufeln des Malzes auf der Tenne ist nicht nur eine sehr zeitraubende, sondern auch eine sehr anstrengende Operation. Es ist daher begreiflich, daß man auch hier bestrebt war, die Handarbeit durch entsprechende maschinelle Vorrichtungen zu ersetzen. Dies ist beispielsweise bei der sogenannten „pneumatischen Mälzerei" der Fall, welche zwar ursprünglich für die Zwecke des Bierbrauers gedacht war, die aber heute auch in allen größeren Brennereien angewendet wird.

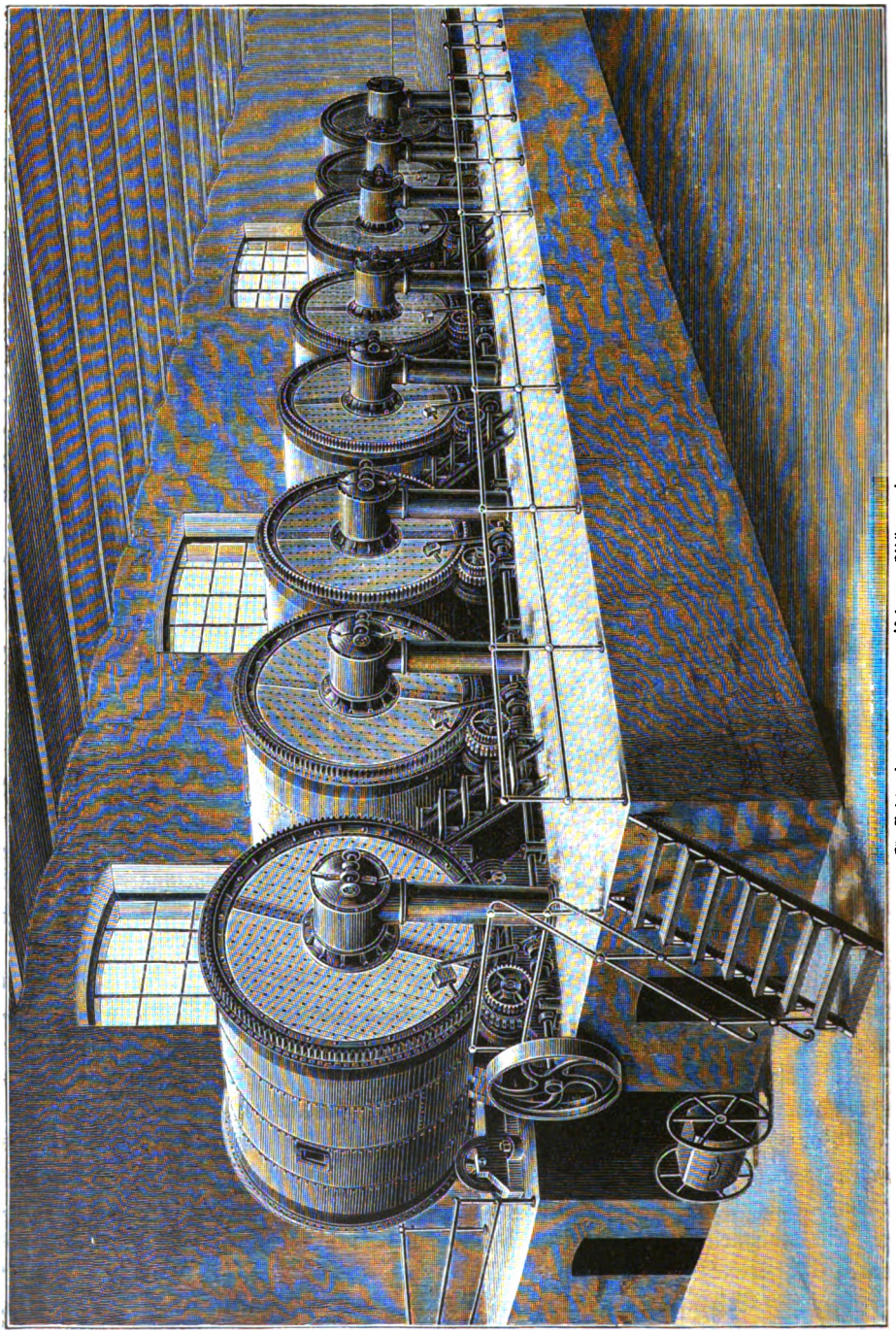
Man bringt hier die gequollene Gerste in große eiserne Trommeln, welche sich langsam um ihre Achse drehen. Gleichzeitig wird continuirlich Luft durch die Trommeln gesogen, welche die Feuchtigkeit und die Kohlensäure entführt. Daß es bei diesem Verfahren leicht ist, die Temperatur der keimenden Gerste innerhalb ganz bestimmter Grenzen zu erhalten, liegt auf der Hand.

Das fertiggestellte Malz, das sogenannte „Grünmalz" wird am besten sofort verwendet. Ist dies nicht möglich, so muß es seines hohen Wassergehaltes beraubt und in „Luftmalz" oder in „Darrmalz" verwandelt werden. Zur Darstellung des Luftmalzes trocknet man das Grünmalz im Sommer bei gewöhnlicher Temperatur, im Winter in geheizten Räumen, indem man es in flacher Schicht auf Hürden ausbreitet. Im getrockneten Zustande läßt es sich dann längere Zeit aufbewahren, ohne seine Wirkung zu verlieren oder schimmelig zu werden, wenn man es an einem luftigen und trockenen Orte aufschüttet.

Zur Darstellung des Darrmalzes wird das Grünmalz auf der Darre auf etwa 50° C. erhitzt. Man bezweckt dadurch nichts anderes, als es vollständig auszutrocknen, nicht aber es zu darren oder zu rösten, wie dies mit jenem Malze geschieht, welches der Brauer verwendet. Bei Besprechung des Brauprocesses werden wir die Einrichtung der Malzdarren noch kennen lernen.

Vor der Verwendung wird das Malz dann noch von den Keimen befreit, welche als Düngemittel oder aber als Viehfutter Verwendung finden. Das Abstoßen der Keime geschieht in rotirenden, schwach geneigt stehenden Siebtrommeln, welche innen mit Leisten besetzt sind. An diesen Leisten werden die Keime abgestreift und fallen durch das Sieb in ein die Trommel umgebendes Gehäuse, während das Malz am unteren Ende der Trommel herausfällt.

Digitized by Google

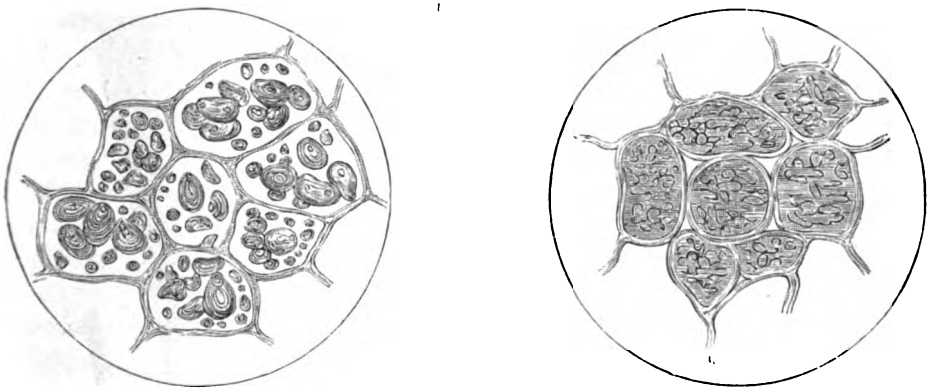


Ansicht einer „pneumatischen" Mälzerei.

Digitized by Google

Das Malz dient nun dazu, die in den verschiedenen Rohmaterialien enthaltene Stärke zu verzuckern. Dieser Vorgang, das „Maischen", ist jedoch verschieden, je nachdem Kartoffel, Getreide oder ein Gemenge beider verarbeitet werden soll.

Die zu verarbeitenden Kartoffeln werden zunächst gründlich gewaschen, gereinigt und dann gedämpft. Das Dämpfen hat den Zweck, die in den Kartoffeln enthaltene Stärke zu verkleistern und sie der Einwirkung der Diastase zugänglich zu machen. Unverkleisterte Stärke wird nämlich von der Diastase nur sehr langsam angegriffen und in lösliche Verbindungen übergeführt. Durch bloßes Kochen der Kartoffeln wird der gewünschte Zweck jedoch nur sehr unvollständig erreicht, da nicht alle Stärke verkleistert und sich dann der Einwirkung der Diastase entzieht. Man dämpft daher jetzt die Kartoffeln unter hohem Drucke und erzielt dadurch bedeutend höhere Ausbeuten wie früher.



Zellen der Kartoffel

im frischen Zustande nach dem Dämpfen.

Zum Dämpfen der Kartoffeln wie auch des Getreides bedient man sich heute fast ausschließlich des Henze'schen Dämpfers. Es ist dies ein aus starkem Kesselblech verfertigter Conus, in den durch ein Mannloch die zu dämpfenden Materialien eingetragen werden. Dann wird das Mannloch geschlossen und aus einem Dampfkessel Dampf eingeleitet, wobei man zunächst den am oberen Theile des Apparates angebrachten Lufthahn und den unten angebrachten Hahn, durch welchen das Fruchtwasser abfließt, offen läßt. Sobald aus den beiden Hähnen Dampf ausströmt, werden sie geschlossen, und nun wird die Dampfspannung auf 2·5 bis 3 Atmosphären gesteigert, was einer Temperatur von 129° C. entspricht.

Das Maischen kann jedoch nur dann richtig durchgeführt werden, wenn sich das Maischgut in genügend feiner Vertheilung befindet. Man erreicht dies dadurch, daß man die gargedämpfte Masse zwingt, unter dem Drucke des auf ihr lastenden Dampfes durch eine enge Oeffnung mit sehr scharfen Kanten auszutreten. Die

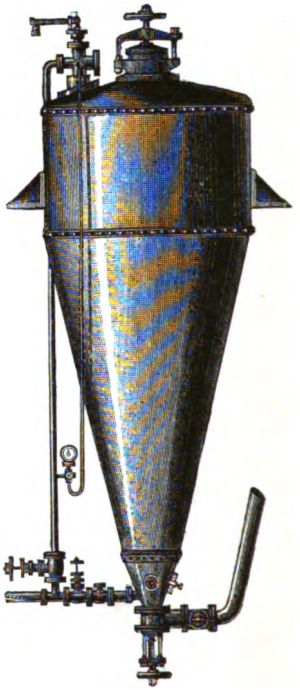


Digitized by Google

gedämpfte Kartoffelmasse wird sogleich in den Vormaischbottich geblasen, in welchem sie mit dem Grünmalze innig vermischt wird. Die Größe der verwendeten Dämpfer schwankt je nach der Leistungsfähigkeit der Brennerei von 360 bis 1080 l Inhalt, entsprechend 450 bis 1350 kg Kartoffeln.

Da die Kartoffelmasse im Augenblicke des Ausblasens noch eine dem bedeutenden Drucke entsprechende hohe Temperatur besitzt, muß man darauf bedacht sein, sie durch Anwendung geeigneter Mittel auf die Maischtemperatur abzu-

Dämpfapparat.



Hochdruckdämpfer für Getreide.
System Henze.

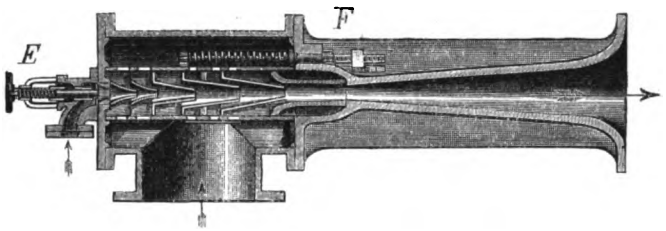
kühlen, da sonst die Wirkung der Diastase beeinträchtigt wird oder ganz aufhört. Diesem Zwecke dient der sogenannte Exhaustor, seine Wirkung beruht darauf, daß ein Dampfstrahl, welcher durch ein enges Rohr geleitet wurde, bei seinem Eintritte in ein weiteres Rohr aus seiner Umgebung Luft mitreißt, welche kühlend wirkt.

Die nächste Operation besteht nun darin, die gedämpften Materialien und das Malz, welches gequetscht oder geschrotet wurde, innig miteinander zu vermischen. Es geschieht dies in den Maischapparaten, von denen die verschiedensten Constructionen zur Anwendung gelangen.

So wird bei dem Eckert'schen Maischapparate die Mischung und Zerkleinerung der Materialien durch die Centrifugalkraft bewirkt. Das gequetschte

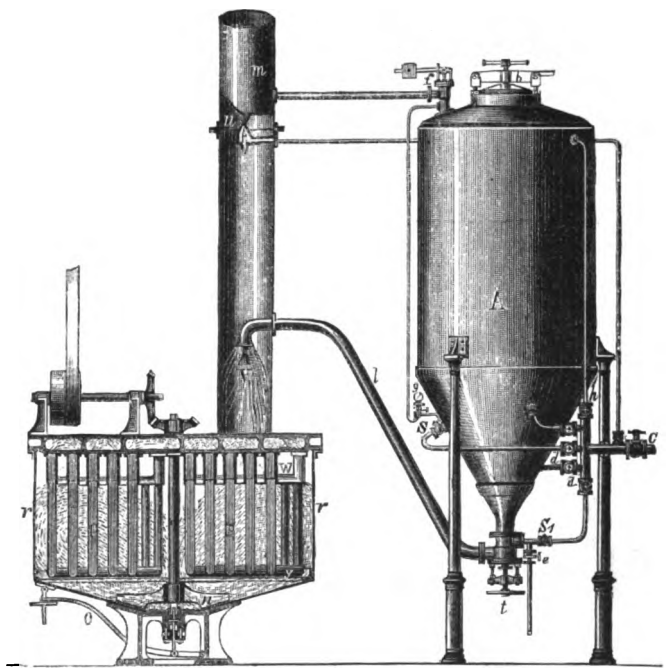
Digitized by Google

Malz wird mit Wasser in den Apparat, welchen die untenstehende Abbildung veranschaulicht, geschüttet, das Flügelrad n in Bewegung gesetzt und der Dampfhahn des Exhaustors u geöffnet. Das eingerührte Malz geräth sofort in heftige Bewegung, indem das Flügelrad die Masse in der Mitte an der Welle an sich saugt und an die Bottichwandungen schleudert. Man öffnet nun das Ausblaseventil des Dämpfers und das gedämpfte Material gelangt nun, durch die Vorrichtung v zerstäubt, in den Apparat und nimmt sofort an der Bewegung theil. Die Kühlung der Masse geschieht durch ein Röhrensystem, das bequem zwecks Reinigung innerhalb sehr kurzer Zeit auseinander genommen werden kann.




Schnitt durch einen Dampfstrahlexhaustor.
E Regulirschraube, F Austrittsrohr. System Körting.

Bei dem Maischapparate von Pauksch besitzt das Maischgefäß die Form einer runden, oben gedeckten Schale aus Eisen, in welcher sich ebenfalls ein eigenthümlich construirter Zerkleinerungs- und Mischapparat, das sogenannte „Flügelrad" in der Minute dreihundert- bis vierhundertmal umdreht. Die Maische fällt durch die Oeffnungen p des Flügelrades, wird von der sich in Folge der raschen Umdrehung des letzteren entwickelten Fliehkraft erfaßt und nach außen geschleudert, steigt längs der Wand des Maischgefäßes empor, fällt wieder zurück u. s. f.



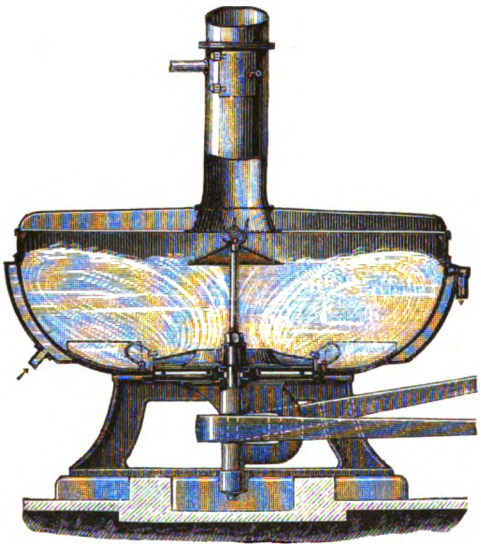

Centrifugal-Maischverzuckerungs- und Kühlapparat. System Eckert.

Das Maischen ist einer der wichtigsten Vorgänge im Brennereibetriebe. Wie wir wissen, bezweckt man dadurch die Ueberführung der Stärke in Zucker, also in



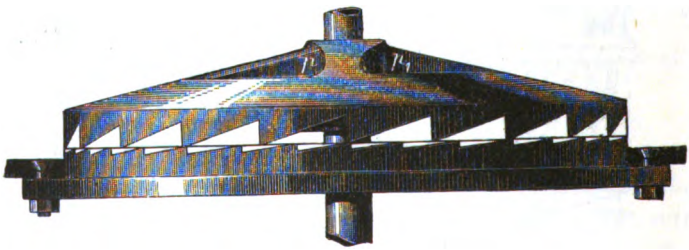
Digitized by Google

vergährbare Substanz, und zwar unter Vermittlung des im Malze enthaltenen diastatischen Fermentes. Nun verliert aber dieses ungeformte oder chemische Ferment bei Temperaturen, die über 75° C. liegen, vollständig seine Wirksamkeit. Es muß daher darauf gesehen werden, daß diese Temperatur niemals überschritten wird; am günstigsten für die Zwecke des Spiritusfabrikanten verläuft dieser Proceß bei einer zwischen 55 und 56° C. liegenden Temperatur.



Maischapparat. System Paulsch.

Die durch die Einwirkung der Diastase auf die Stärke entstehende Zuckerart, die Maltose, ist nämlich nicht das einzige Product dieser Einwirkung. Vielmehr entstehen neben Maltose auch stets noch Dextrine, und diese sind nicht vergährbar. Während nun der Brauer ein Interesse hat, neben Zucker stets eine gewisse Menge Dextrine zu erhalten, da diese die Beschaffenheit des Bieres wesentlich beeinflussen und ihm den eigenthümlichen Charakter verleihen, ist das Streben des Brenners darauf gerichtet, neben dem erzielbaren Minimum an Dextrinen das Maximum an Maltose zu erhalten. Dies ist nun am besten bei einer zwischen 55 und 56° C. liegenden Temperatur zu erreichen; gleichzeitig sind dann aber auch die Bedingungen vorhanden, um die im Malze vorhandene, unaufgeschlossene, d. h. nicht verkleisterte Stärke so vollständig als möglich zu lösen und in Zucker überzuführen. Außerdem hat man aber auch darauf zu achten, daß die Kraft der Diastase nach Möglichkeit erhalten bleibt. Denn bei der Vergährung der Maische wirkt sie noch im günstigen Sinne verändernd auf die Dextrine ein: bei Gegenwart von Diastase werden auch diese vergohren.



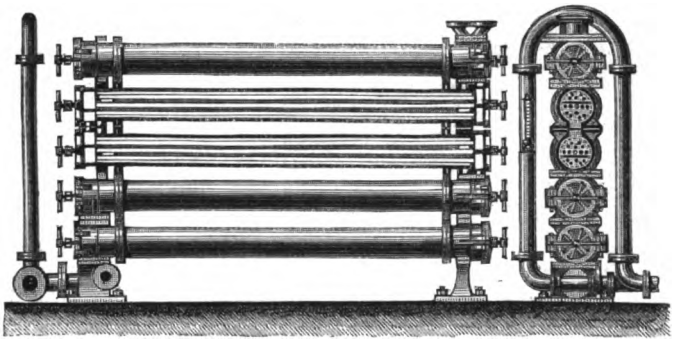
„Flügelrad" des Maischapparates. System Paulsch.

Gegen Ende des Maischprocesses ist es aber empfehlenswerth, die Temperatur auf 65° C. zu erhöhen. Es ist bei der großen Verbreitung der Bakterien nämlich nicht zu vermeiden, daß Keime derselben in die Maische gelangen. Dort

Digitized by Google

finden sie einen äußerst günstigen Nährboden für ihre Entwickelung und schließlich wirken sie höchst nachtheilig auf den Verlauf der Gährung ein, da sie den Zucker nicht in Alkohol, sondern in andere Producte umwandeln. Wird nun die Temperatur gesteigert, so werden diese Bakterien zwar nicht getödtet, doch wesentlich geschwächt, so daß sie sich in der Folge nur langsam zu entwickeln und zu vermehren vermögen.

Ist der Maischproceß beendet, so muß die Maische auf die Gährtemperatur abgekühlt werden, welche etwa 20° C. beträgt. Es geschieht dies schon in manchen der neueren Maischapparate durch Wasser, welches man in einem Röhrensysteme im Inneren des Apparates circuliren läßt, oder aber durch Berieselung des Maischbottichs von außen. Gleichzeitig war man im Interesse der Leistungsfähigkeit der Fabriken aber auch bestrebt, das Abkühlen so rasch als möglich vorzunehmen, und zu diesem Zwecke bedient man sich besonderer Kühlvorrichtungen, deren Wesen wir nun kurz besprechen wollen.



Röhrenkühlapparat. System Paufsch.

Der Paufsch'sche Kühlapparat besteht aus mehreren übereinander liegenden Rohrsystemen, welche an beiden Enden geschlossen und der Länge nach durch eingegossene Scheidewände in Abtheilungen getheilt sind. Jedes dieser Rohre wird von 15 Messingrohren durchzogen. Die Mäntel der Gußeisenrohre ragen über die Rohrböden an beiden Enden heraus und bilden Kammern, welche ebenfalls mit Scheidewänden versehen sind und durch abnehmbare Deckel verschlossen werden. Das Kühlwasser circulirt nun um die Messingrohre, während die Maische durch letztere strömt. Dabei ist die Einrichtung getroffen, daß die Maische immer nur fünf Rohre gleichzeitig durchströmt, also gezwungen wird, in jedem Kühlrohre fünfmal hin und her zu gehen. Auch das Kühlwasser beschreibt einen ähnlichen Weg, doch bewegt es sich, nach dem bekannten Gegenstromprincipe, in entgegengesetzter Richtung wie die zu kühlende Maische.

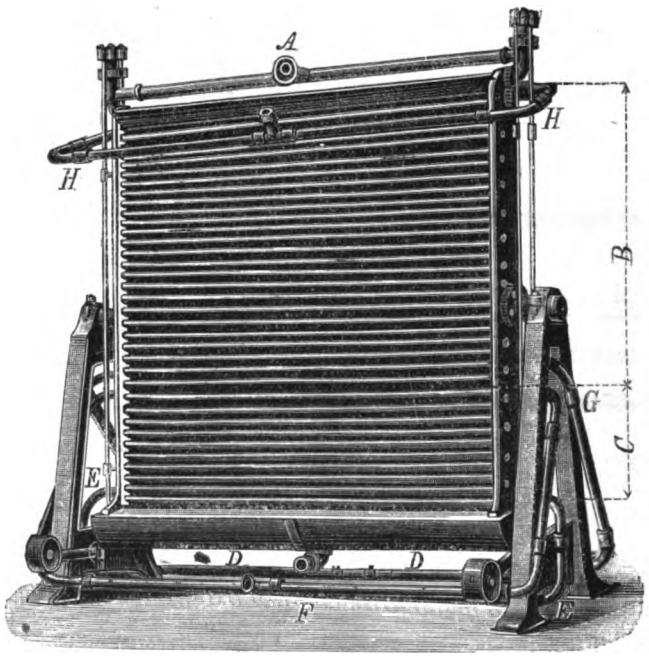
Die sogenannten Berieselungsapparate kühlen die Maische sowohl durch die Einwirkung der Luft als auch des Wassers. Hier fließt die Maische aus einer über dem Apparate liegenden Vertheilungsrinne über die Außenfläche horizontal

Digitized by Google

gewellter Kupferplatten in ein Sammelbecken, während zwischen den Kupferplatten das Kühlwasser von unten nach oben passirt.

In solchen Brennereien, in welchen man mit besonders dicken Maischen zu arbeiten pflegt, hat es sich als vortheilhaft erwiesen, sie von den in ihnen enthaltenen Schalen, den „Trebern", wenigstens theilweise zu befreien. Es bringt dies verschiedene Vortheile mit sich, so daß heute sehr häufig die Entschalung vorgenommen zu werden pflegt.

Auch zur Ausführung dieser Arbeit steht eine große Zahl von Constructionen zur Verfügung, es genügt jedoch vollständig, wenn wir eine derselben kennen lernen.



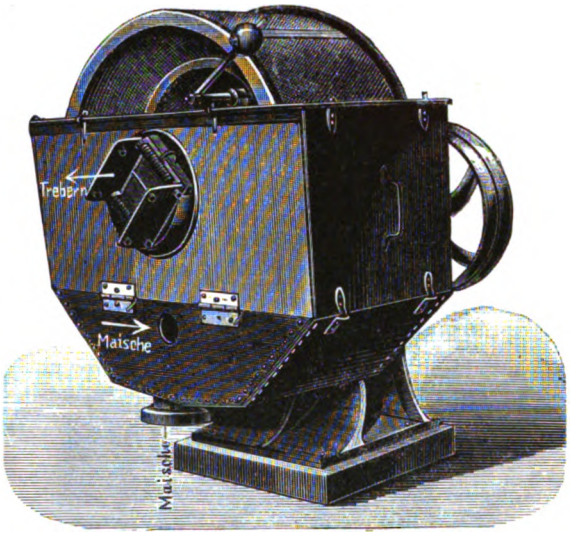

Berieselungskühlapparat. System Weinig.

So besitzt der Entschalungsapparat von Hentschel, welchen die Abbildungen Seite 647 veranschaulichen, folgende Einrichtung:

An einer verticalen, durch Zahnräder in langsame Umdrehung versetzten Scheibe ist eine cylindrische äußere Siebtrommel und innerhalb derselben ein zweites, jedoch spiralförmiges Sieb aus siebartig gelochtem Eisenblech angebracht. In der Mitte der Scheibe befindet sich ein horizontaler, kegelförmiger Cylinder mit einer Preßschnecke, die sich ebenfalls, jedoch schneller als der Cylinder dreht. Durch einen Zulaufstutzen läuft die Maische direct aus dem Vormaischbottich, oder von einer Pumpe eingepumpt, in die äußere Siebtrommel. Die feinen, beziehungsweise flüssigen Theile der Maische fließen sofort durch die Oeffnungen des Siebes und aus der unterhalb der Siebtrommel befindlichen Sammelschale, je nach der Aufstellung des Apparates nach dem Kühlapparate, oder falls die Maische schon gekühlt ist, direct nach dem Gährbottiche. Die gröberen und alle nicht sofort durch das Sieb laufenden Maischtheile schieben sich während der Umdrehung der Trommel auf die innere spiralige Siebfläche und gleiten auf derselben nach und nach bis in die Mitte der Trommel, wobei sich fortgesetzt alle flüssigen Theile so weit als möglich abscheiden und schließlich im dickbreiigen Zustande in eine im

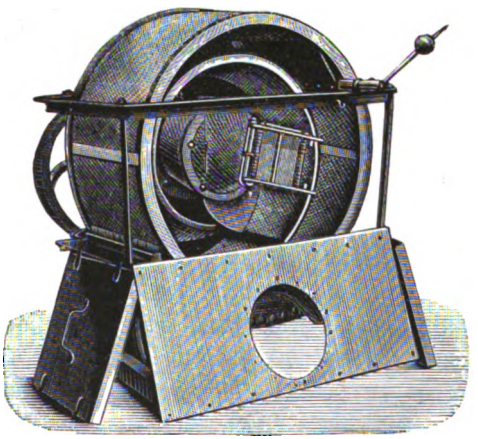
Digitized by Google

mittleren Preßcylinder angebrachte Oeffnung fallen. Hier werden diese Rückstände von der im Cylinder befindlichen Preßschnecke gefaßt, in dem ebenfalls siebartig durchlochten Cylinder nach vorne getrieben und dabei vollkommen ausgepreßt. Die durch diesen Vorgang von allen anhaftenden Maischetheilen und der Flüssigkeit befreiten Schalen, Keime und sonstige unerwünschte Beimengungen der Maische treten an dem Mundstücke des Preßcylinders in Form eines ziemlich trockenen zusammenhängenden Stranges aus.




Apparat zum Enttrebern und Filtriren von Maische, Schlämpe ꝛc. System Hentschel.

Wir haben nun den Gang der Spiritusfabrikation bis einschließlich der Gewinnung der gährfähigen Maische kennen gelernt. Diese Maische enthält, wie wir wissen, Zucker, und zwar Maltose, die durch die Wirkung der Diastase aus der Stärke entstanden ist, außerdem aber noch Dextrine, deren Bildung beim Maischprocesse nicht vermieden werden kann. Es handelt sich nun darum, diese beiden Stoffe in Alkohol überzuführen, zu welchem Zwecke die Gährung eingeleitet wird.



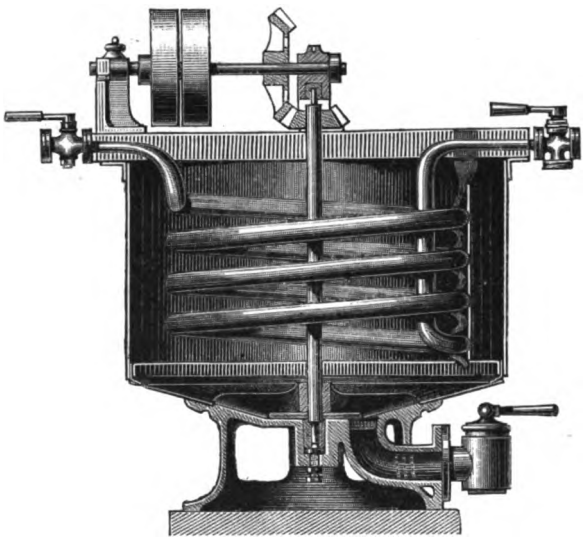
Apparat zum Enttrebern und Filtriren von Maische, Schlämpe ꝛc. System Hentschel, geöffnet.

Würde man die Maische sich selbst überlassen, so würden sich allerdings auch Gährungserscheinungen einstellen, diese würden jedoch wohl nie in solcher Weise verlaufen, wie es im Interesse des Brenners mit Rücksicht auf die größtmögliche Ausbeute an Alkohol gelegen ist. Denn neben dem Alkoholferment kämen noch zahlreiche andere Organismen zur Entwickelung, welche entweder die Hefe ganz unterdrücken, oder doch den von ihr gebildeten Alkohol zerstören würden. Man geht deshalb in der Weise zu Werke, daß man die Maische mit dem Alkoholferment, einer „Hefe", deren gute Beschaffenheit man kennt, versetzt,

Digitized by Google

sie „anstellt“ und dann der Gährung unter Einhaltung bestimmter Temperaturen überläßt.

Auch in der Bierbrauerei geht man in ähnlicher Weise zu Werke, und zwar verwendet man die in der klaren Bierwürze abgeschiedene Unterhefe. In der Spiritusfabrikation ist jedoch ein ähnliches Verfahren der Uebertragung der Hefe von einer Gährung zur nächsten deshalb nicht durchführbar, da hier nicht, wie bei der Bereitung des Bieres, mit klaren Würzen, sondern mit trüben, feste Körper enthaltenden Maischen gearbeitet wird, in denen nach Beendigung der Gährung nicht wie in der Brauerei eine kräftige, sondern eine durch die bedeutende Alkoholmenge theils todte, theils aber wesentlich geschwächte Hefe vorhanden ist.



Hefemaischapparat.

Trotz ihrer enormen Vermehrungsfähigkeit ist nämlich die Hefe eine sehr empfindliche Pflanze. Ihre Lebensfunctionen werden aber nicht nur durch die Temperatur beeinflußt, sondern in bedeutendem Maße auch durch die Producte ihres Stoffwechsels, durch die Gährungsproducte selbst. Sammeln sich diese — der Alkohol und die Fuselöle — in bedeutenderen Mengen an, so wirken sie auf die Hefe direct giftig, und in einer Flüssigkeit, welche circa 20% Alkohol enthält, geht die Hefe zugrunde. Desgleichen vermag sie aber auch eine Zuckerlösung nicht mehr in Gährung zu versetzen, wenn diese mehr wie 30% Zucker enthält.

Früher bezogen die Brennereien von den Brauern die Oberhefe und verwendeten diese für ihre Zwecke. Seit man aber keine obergährigen, sondern nur mehr untergährige Biere herstellt, und auch der Hefeverbrauch der Brennereien immer bedeutender wurde, mußten sie trachten, ihren Bedarf an Hefe auf andere Weise zu decken. Es geschieht dies heute in der Weise, daß sich jede Brennerei ihre Anstellhefe selbst züchtet. Auf welche Art dies geschieht, wollen wir jetzt kennen lernen.

Die erste Bedingung zur Herstellung einer wirksamen „Hefemaische“ oder „Kunsthefe“ besteht in der Gewinnung einer guten, reinen Maische. Zu diesem Zwecke leitet man die Verzuckerung zunächst in der bekannten Weise, steigert gegen Ende derselben jedoch die Temperatur bis gegen 72° C. Dadurch erleidet aller-

Digitized by Google

dings die Diastase eine Schwächung, doch werden gleichzeitig in der Maische vorhandene schädliche Bakterien getödtet oder geschwächt. und dies soll erreicht werden.

Um aber diese höhere Temperatur zu erreichen, muß in die Maische Wasserdampf eingeleitet werden, zu welchem Zwecke man in den größeren Brennereien besondere Apparate, sogenannte Hefemaischapparate verwendet. Es sind dies Maischapparate, die entweder doppelte Wandungen besitzen, zwischen welche der Dampf eingeleitet wird, oder aber der Dampf strömt durch ein in dem Apparate liegendes Schlangenrohr.

Ist der Verzuckerungsproceß beendet, so wird die Hefemaische auf jene Temperatur abgekühlt, welche der Entwickelung des Milchsäurefermentes am günstigsten ist, also auf 50 bis 52·5° C. Gleichzeitig versetzt man das Hefegut mit saurer Hefemaische von der vorhergehenden Operation oder bei Beginn der Campagne mit einigen Litern saurer Milch, um es mit Milchsäurebakterien zu inficiren. Nun wird das Hefegut etwa 20 Stunden bei 50 bis 52° C. erhalten. Das Milchsäureferment entwickelt sich nun und producirt eine bedeutende Menge Milchsäure. Würde man die Temperatur unter 50° C. sinken lassen, so würde das Milchsäureferment von anderen Bakterien, vom Buttersäure- und Essigsäurepilz, unterdrückt werden. Die Milchsäure dagegen ist direct ein Bakteriengift und spielt gewissermaßen die Rolle eines Desinfectionsmittels, indem sie die Entwickelung anderer Pilze, welche die Hefe unterdrücken und in ihrer Wirkung schädigen würden, hintanhält.

Hefekühlschlange.

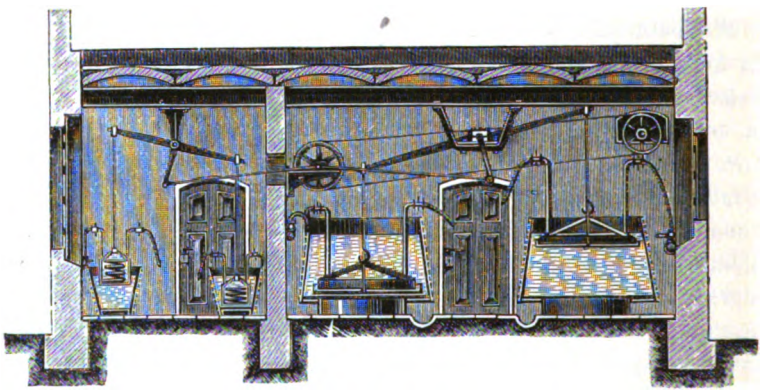
Die Säuerung wird bis zu einem gewissen, durch die Erfahrung bestimmten Grade geführt. Durch die entstehende Milchsäure wird aber auch endlich das Milchsäureferment in seiner Entwickelung beeinträchtigt und gehemmt. Dies will man auch erreichen, denn im Stadium der Entwickelung der Hefe wirkt das Milchsäureferment als Hefefreund, der alkoholischen Gährung selbst ist jedoch auch das Milchsäureferment schädlich. Wie Versuche gelehrt haben, wirkt nämlich ein Gehalt von 1% Milchsäure insofern günstig, als er die Gährung befördert, 2% Milchsäure hemmen jedoch schon den normalen Verlauf der Gährung. Ein ähnliches Verhalten zeigen auch die anderen Säuren. 0·1% Buttersäure hemmt die Gährung vollständig, während sie in Mengen bis zu 0·05% förderlich ist.

Wie erwähnt, wird aber das Milchsäureferment durch seine eigene Ausscheidung, die Milchsäure, geschwächt, es ist also auch hier gesorgt, daß die Bäume nicht in den Himmel wachsen. Ueberdies kann man auch durch nochmalige Erwärmung auf 75° C. nach durchgeführter Säuerung das Milchsäureferment so weit schwächen, daß es nach dem Zusatze der Mutterhefe nicht mehr seine hemmende Thätigkeit entfalten kann

Digitized by Google

Ist der Säuerungsproceß beendet, so muß die „saure Maische" rasch auf 15 bis 18·5° C. abgekühlt werden. Es geschieht dies durch Einhängen kupferner Kühlrohre, durch welche kaltes Wasser fließt, oder aber durch complicirte selbstthätige Kühlvorrichtungen, die sogenannten mechanischen Hefekühler.

In der abgekühlten Maische wird nun die Entwickelung und Vermehrung der Hefezellen dadurch eingeleitet, daß man die sogenannte „Mutterhefe", einen Antheil Hefe, welcher bei der vorhergegangenen Hefebereitung im Gährgefäße reif geworden ist, in der sauren Maische gleichmäßig vertheilt. Bei Beginn des Betriebes, wenn solche Mutterhefe noch nicht zur Verfügung steht, geschieht das Anstellen mit Preßhefe; kleinere Brennereien, welche nur periodisch arbeiten, heben wohl auch die Mutterhefe von einem Jahre zum anderen in Metallgefäßen, die in Eis gekühlt werden, auf. Der Brenner sichert sich dadurch von einem Jahre



Mechanische Kühlvorrichtung für Maische und Hefe in den Gähr- und Hefebottichen.

zum anderen eine durch die Cultur kräftig und entwickelungsfähig gewordene Heferasse, die bei rationeller Weiterführung ihre Wirksamkeit ungeschwächt beibehält.

Hat sich die Hefe genügend vermehrt, was etwa dann der Fall ist, wenn 8% Alkohol in der Maische gebildet wurden, so wird die Mutterhefe von der Hefemaische abgenommen. Man bringt sie nun in die Mutterhefeeimer, welche aus verzinntem Bleche verfertigt sind, und bewahrt sie in einem kühlen Raume auf.

Mit solcher Mutterhefe wird nun die süße Maische versetzt, um den Gährungsvorgang einzuleiten. Aufgabe des Praktikers ist es dann, durch richtige Führung des Gährungsvorganges die vorhandenen gährungsfähigen Substanzen so vollständig als möglich in Alkohol umzuwandeln.

Außer der eigentlichen Hefe, welche in den Brennereien angewendet wird, Saccharomyces cerevisiae, giebt es noch verschiedene andere Saccharomycesarten, die zwar auch den Zucker vergähren, jedoch theils minder hohe Ausbeuten geben, theils andere, unliebsame Gährungsproducte abscheiden. Diese

Digitized by Google

Gährungen nun, wie jene, die durch Spaltpilze hervorgerufen werden, bezeichnet der Praktiker als „Nebengährungen", und er ist bestrebt, sie so viel als möglich einzuschränken. Darin kommt ihm aber die Natur selbst zu Hilfe. Gleich allen anderen Lebewesen sind auch die Mikroorganismen in einem steten Kampfe ums Dasein begriffen. Eine Art sucht die andere zu unterdrücken, und jene behält die Oberhand, die in größerer Zahl, in kräftigeren Individuen vorhanden ist und die günstigere Lebensbedingungen vorfindet. Wird also eine reine, kräftige Kunsthefe zum Anstellen verwendet, so entwickelt sich Saccharomyces cerevisiae besonders gut, und hält nun alle anderen Hefepilze wirksam nieder, so daß die Gährung der Hauptsache nach in der erwünschten Richtung verläuft. Dies wird noch dadurch unterstützt, daß die Maische sauer reagirt, denn bei saurer Reaction vermögen sich die meisten Spaltpilze nicht zu entwickeln.

Die Gährung selbst verläuft in drei Phasen, welche man als Vorgährung, Hauptgährung und Nachgährung bezeichnet. Diese drei Phasen, in welchen sich ganz bestimmte Vorgänge abspielen, grenzen jedoch nicht schroff aneinander, sondern gehen allmählich ineinander über.

Zunächst beginnt sich während der Vorgährung die Hefe bedeutend zu vermehren. Dabei wird aber nur wenig Kohlensäure entwickelt, die Maische bleibt daher ziemlich ruhig und zeigt wenig Bewegung. Auch die Temperatur steigt nur um ein Geringes. Durch die rasche Vermehrung der Hefe wird die Ansiedelung und Entwickelung schädlicher Bakterien erfolgreich unterdrückt, auch muß die Vermehrung der Hefe selbst in diesem Stadium der Gährung schon der Hauptsache nach beendet sein, da später, wenn die Flüssigkeit schon bedeutendere Mengen Alkohol enthält, sie nur langsam erfolgen würde.

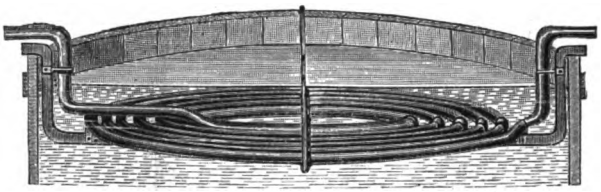
Die Vorgährung kann als beendet angesehen werden, wenn etwa 5% Alkohol gebildet wurden und nun beginnt die eigentliche Gährung, die Hauptgährung. Unter reichlicher Entwickelung von Kohlensäure wird der vorhandene Zucker in Alkohol und Kohlensäure gespalten. Die Flüssigkeit geräth in lebhafte, dem Kochen ähnliche Bewegung, auf ihrer Oberfläche scheiden sich reichliche Mengen eines weißen Schaumes ab und gleichzeitig steigt die Temperatur bedeutend. Sie darf jedoch erfahrungsgemäß 27·5° C. nicht übersteigen, da sich sonst Nebengährungen hervorrufende Organismen ausbilden könnten, auch würde sich eine empfindliche Menge des entstandenen Alkohols verflüchtigen.

Die Hauptgährung ist nach etwa zwölf Stunden beendet und nun beginnt die Nachgährung. Die Kohlensäureentwickelung wird geringer, die Temperatur sinkt und die Flüssigkeit beruhigt sich immer mehr. Nun findet auch die noch vorhandene, ungeschwächte Diastase Gelegenheit, die in der Maische vorhandenen Dextrine in Maltose umzuwandeln, die durch die Hefe sogleich vergohren wird. Die Temperatur während der Nachgährung wird zwischen 25 und 27·5° C. gehalten.

Wie wir sehen, wird der richtige und normale Verlauf der Gährung, abgesehen von der Verwendung einer gesunden Mutterhefe, hauptsächlich durch die Temperatur beeinflußt. Es müssen daher Vorrichtungen vorhanden sein, die

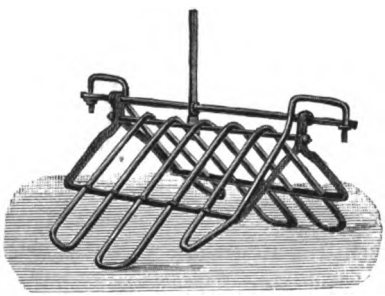
Digitized by Google

eine Regelung der Temperatur ermöglichen. Eine einfache und zweckentsprechende Vorrichtung dieser Art ist der Heckmann'sche Gährbottichkühler, welchen die nachstehende Abbildung veranschaulicht. Er besteht aus spiralförmig gewundenen Kühlschlangen, welche in die Gährbottiche eingehangen werden. Auch verwendet man bewegliche Kühler, die durch eine kleine Dampfmaschine bewegt werden und deren Anwendung verschiedene Vortheile mit sich bringt. So wird das Kühlwasser besser ausgenützt, die Kohlensäure entweicht rascher aus der gährenden Flüssigkeit und außerdem zertheilen sie den Schaum, so daß mit beweglichen Kühlvorrichtungen versehene Gährbottiche höher angefüllt werden können.



Kupferne Kühlschlange für Gährbottiche. System Heckmann.

Vor Einführung dieser beweglichen Kühlvorrichtungen unterschied man verschiedene Formen der Gährung. Die in der Maische enthaltenen festen Beimengungen: die Schalen der Kartoffeln, die Hülsen des Getreides u. s. w., welche in ihrer Gesammtheit als „Treber" bezeichnet werden, steigen, von der Kohlensäure gehoben, in die Höhe und bilden an der Oberfläche eine dichte Decke. Ist die Kohlensäureentwickelung weniger stürmisch, so daß diese Decke nur selten von Gasblasen durchbrochen wird, so spricht man von der „Gährung unter der Decke", naturgemäß deutet sie auf einen langsam und träge verlaufenden Gährproceß hin.



Bewegliche Gährbottich-Kühlschlange System Koser.

Ist dagegen die Decke in rollender oder wälzender Bewegung begriffen, so zeigt dies einen lebhaft verlaufenden Gährungsvorgang an und man bezeichnet diese Art der Vergährung auch als „wälzende Gährung". Auch die „steigende und fallende Gährung" ist das Zeichen eines kräftig und normal verlaufenden Gährungsprocesses. Hier wird die Decke langsam durch die sich entwickelnde Kohlensäure gehoben, plötzlich zerreißt sie und läßt die angesammelte Kohlensäure unter einem eigenthümlichen Geräusche entweichen, worauf sie in ihre ursprüngliche Lage zurücksinkt. Dieses Spiel wiederholt sich stets von neuem.

Gefürchtet dagegen ist die sogenannte „Schaumgährung". Zwar verläuft auch hier die Gährung normal, doch sammelt sich an der Oberfläche der gährenden Flüssigkeit eine sich rasch vermehrende dichte Schaumdecke an, die sehr leicht überfließt und dadurch Verluste bedingt. Man bändigt den Schaum durch Aufgießen einer geringen Menge Oel oder geschmolzenen Schmalzes auf die gährende

Digitized by Google

Maische. Die Ursache dieser Erscheinung liegt in einer übermäßigen Sproßlust der Hefe, die bei zu reichlicher Ernährung eintritt.

Nach beendeter Gährung ist in der Maische kein Zucker mehr vorhanden, dafür enthält sie aber Alkohol, und zwar entsteht aus je zwei Theilen Zucker rund ein Theil Alkohol. Außerdem sind in der vergohrenen Maische die unverändert gebliebenen Bestandtheile der Rohmaterialien, sowie die Hefezellen vorhanden und es handelt sich nun darum, den Alkohol von den anderen Bestandtheilen zu trennen, was man durch die Destillation erreicht.

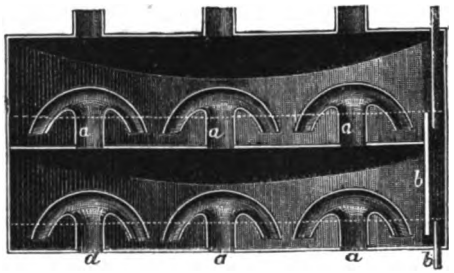
Bei der Destillation werden die flüchtigen Antheile der Maische in Dampf verwandelt und die abziehenden Dämpfe durch Kühlung wieder verdichtet. Der Siedepunkt unzersetzt siedender Flüssigkeiten bleibt bei constantem Luftdrucke ebenfalls constant. Das Wasser siedet bei einem Drucke von 760 Millimeter bekanntlich bei 100° C., während der Siedepunkt des Alkohols, soferne er vollständig rein ist, schon bei 79·4° C. liegt. Der Siedepunkt von Gemischen von Alkohol mit Wasser hängt jedoch von dem Mengenverhältnisse der beiden Bestandtheile ab und er liegt um so näher dem Siedepunkte des reinen Alkohols, je mehr Alkohol vorhanden ist.

Wird jedoch ein Gemisch von Alkohol und Wasser der Destillation unterworfen, so sind die zuerst übergehenden Dämpfe reicher an Alkohol, und in dem Maße, als sich der Alkohol verflüchtigt, steigt der Siedepunkt der Mischung. Ist endlich aller Alkohol verdampft, so hinterbleibt nur reines Wasser. Da aber die zuerst übergehenden Antheile reicher an Alkohol sind als die später überdestillirenden, so vermag man durch Destillation aus einem alkoholärmeren Gemenge ein solches mit einem höheren Alkoholgehalte herzustellen, wenn man die Destillation bei jenem Punkte unterbricht, bei welchem aller Alkohol überdestillirt ist. Durch öftere Wiederholung dieses Vorganges gelangt man endlich zu einem Destillate, das etwa 96% absoluten, also wasserfreien Alkohol enthält und welches auch durch wiederholte Destillation nicht mehr reicher an Alkohol, beziehungsweise ärmer an Wasser gemacht werden kann. Die letzten Antheile an Wasser können diesem Alkohol nur durch chemische Mittel, welche Wasser zu binden vermögen, wie durch gebrannten Kalk, durch entwässerten Kupfervitriol ꝛc. entzogen werden, worauf man den entwässerten Alkohol abermals der Destillation unterwirft.

Jahrhunderte hindurch standen nur höchst einfache Destillirapparate in Verwendung, die nur einen sehr niedrigprocentigen Alkohol lieferten. Um daher den gewonnenen Alkohol zu „rectificiren", d. h. auf eine höhere Concentration zu bringen, mußte er wiederholt destillirt werden. Heute wendet man dagegen ausschließlich Apparate an, welche vermöge ihrer sinnreichen Construction die Gewinnung hochconcentrirten Alkohols in einer Operation ermöglichen. Es geschieht dies durch Combination der wiederholten Rectification mit der „Dephlegmation", die aber in einem und demselben Apparate vorgenommen wird. Beide Vorrichtungen ergänzen sich in ihrer Wirkung. Der aus der Maische entwickelte

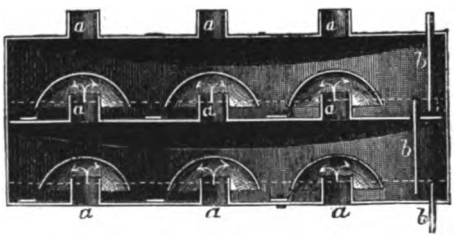
Digitized by Google

alkoholhaltige Dampf durchzieht zuerst die Rectificatoren und tritt dann in die Dephlegmatoren ein, wo er sich zum Theile condensirt. Die aus der Dephlegmatorencolonne abfließende Flüssigkeit fließt in die Kammer der Rectificatorencolonne zurück und dient nun zur Verstärkung der aus der Maische aufsteigenden Dämpfe. Diese müssen nämlich immer erst das in den Kammern enthaltene alkoholhaltige Material zum Sieden und Verdampfen bringen, die sich entwickelnden alkoholreicheren Dämpfe strömen dann den Dephlegmatoren zu. An der Hand einiger Abbildungen wird uns dieser ganz einfache Vorgang leicht verständlich werden.



Röhrenrectificator.

Früher war man der Ansicht, daß die Wirkung der Dephlegmation darauf zurückzuführen sei, daß nur ein Theil des Dampfes verdichtet werde, welcher weniger Alkohol enthält, während ein alkoholreicherer Dampf zurückbleibt und unverändert sich nach dem Kühler bewegt. Für diese Anschauung stehen aber gar keine Beweise zur Verfügung, und es ist jedenfalls wahrscheinlicher, daß die Dämpfe gleichmäßig verdichtet werden. Aus der entstandenen Flüssigkeit destillirt aber der nachströmende Dampf wieder Alkohol ab, und zwar in Form eines alkoholreicheren Dampfes, der dann nach dem Kühler gelangt.



Glockenrectificator.

Die Rectification, d. h. die Verstärkung alkoholarmer Dämpfe zu alkoholreicheren erfolgt bei den von Pistorius, Perrier u. A. construirten Destillirapparaten in den Rectificatoren, deren Einrichtung die nebenstehenden Abbildungen veranschaulichen.

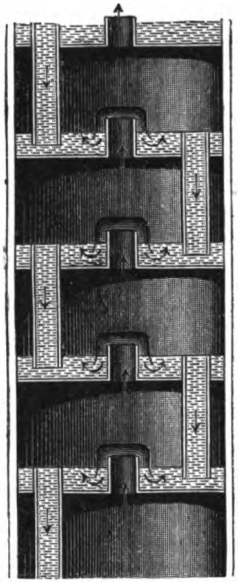
Die Rectificatoren bestehen aus mehreren niederen Cylindern, deren Böden durch seitliche Ueberfallrohre b untereinander in Verbindung stehen. Außerdem sind Rohrstutzen vorhanden, die höher sind als die Ueberfallsrohre, so daß durch sie die Flüssigkeit nicht abzufließen vermag. Ueber diesen Röhrenstutzen sind entweder Glocken a angebracht, oder die Rohre gehen in nach unten gebogene engere Rohre über, so daß in beiden Fällen die Ränder unter den Spiegel der Flüssigkeit tauchen. Die aus der Destillirblase aufsteigenden Dämpfe verdichten sich im untersten Cylinder und erfüllen den Boden desselben mit Flüssigkeit. Hat diese die Höhe der Ueberfallsrohre erreicht, so fließt sie als „Lutter" in die Blase zurück. Da aber nun die Mündungen der Röhren, beziehungsweise Glocken unter den Flüssigkeitsspiegel tauchen, so müssen die weiteren, aus der Blase aufsteigenden Dämpfe die

Digitized by Google

REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Flüssigkeit passiren. Sie reichern sich dabei mit Alkohol an, bringen die Flüssigkeit zum Verdampfen, so daß ein alkoholreicherer Dampf endlich in den zweiten Cylinder gelangt. Hier und in allen folgenden Cylindern wiederholt sich dieser Vorgang.

In den Maischcolonnen der neueren Destillirapparate strömt die Maische durch die Kammern der Rectificatoren von oben nach unten und ihr entgegen strömt durch die Röhrenstutzen Wasserdampf, der sich auf seinem Wege mit Alkohol beladet, während die Maische vollständig entgeistet wird.

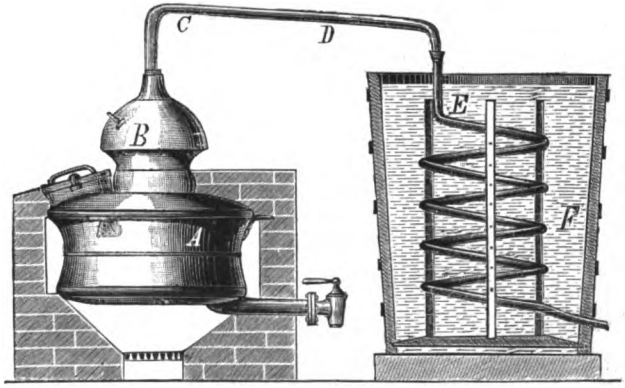


Maischcolonne.

Je nach der Art der Destillation und der dazu verwendeten Apparate können Producte mit verschiedenem Alkoholgehalte gewonnen werden. So wird durch einfache Destillation der „Lutter" erhalten, der bis zu 40% Alkohol enthält. Durch Rectification gewinnt man Branntweine mit 40 bis 45% Alkohol und durch zusammengesetzte Destillation, als durch Verbindung der Destillation mit der Rectification Spiritus, welcher bis zu 96% Alkohol enthält. Die nach beendeter Destillation hinterbleibende entgeistete Flüssigkeit, die Schlempe, wird entweder als Viehfutter verwendet, oder aber, falls Melasse verarbeitet wird, zur Darstellung von Schlempekohle und Potasche benützt.

Wir wollen nun die typischen Formen jener Apparate kennen lernen, die zu den verschiedenen Zwecken in den Brennereien Verwendung finden.

Einen einfachen Destillirapparat veranschaulicht die nebenstehende Abbildung. Er besteht aus der Retorte, Blase oder Brennblase A, in welcher die zu destillirende Flüssigkeit erhitzt wird. Auf der Blase sitzt der Helm B, dessen Verlängerung das Helmrohr C bildet, und dieses schließt sich an den Vorstoß D des gewundenen Kühlrohres E an. Das Kühlrohr liegt in dem Kühlfaße F, in das durch ein nahe am Boden angebrachtes Rohr Wasser einströmt, während oben das warme Wasser abfließt.

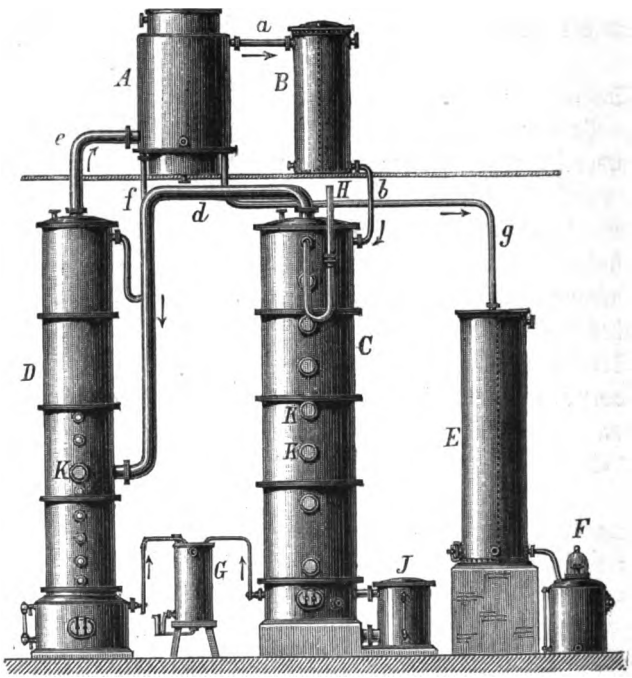



Einfacher Destillirapparat.

Digitized by Google

Eine complicirtere Einrichtung besitzen schon jene Apparate, welche mit Dephlegmationsvorrichtungen versehen sind, jedoch nicht continuirlich arbeiten. Ihre Construction bietet aber nur wenig Interessantes und wir wenden uns daher gleich der Besprechung der großen, continuirlich arbeitenden Destillirapparate zu.

Das Verfahren, welches bei diesen Apparaten zur Anwendung gelangt, besteht in Folgendem. Man läßt einem ununterbrochen fließenden Strome von vergohrener Maische einen ununterbrochenen Strom von Wasserdampf in solcher Weise entgegentreten, daß durch die Temperaturunterschiede die Maische während ihres Laufes allen Alkohol an die Wasserdämpfe abgeben muß. Mit diesen Alkoholdämpfen beladen, treten die Dämpfe dann in die Rectifications- und Dephlegmationsapparate ein, während die entgeistete Maische als Schlempe den Apparat verläßt. Die eintretende Maische dient dabei zur Kühlung, sowohl der Kühlvorrichtung wie der Dephlegmatoren, wodurch die sonst verloren gehende Wärme nach Möglichkeit ausgenützt und der Dampfverbrauch wesentlich vermindert wird.

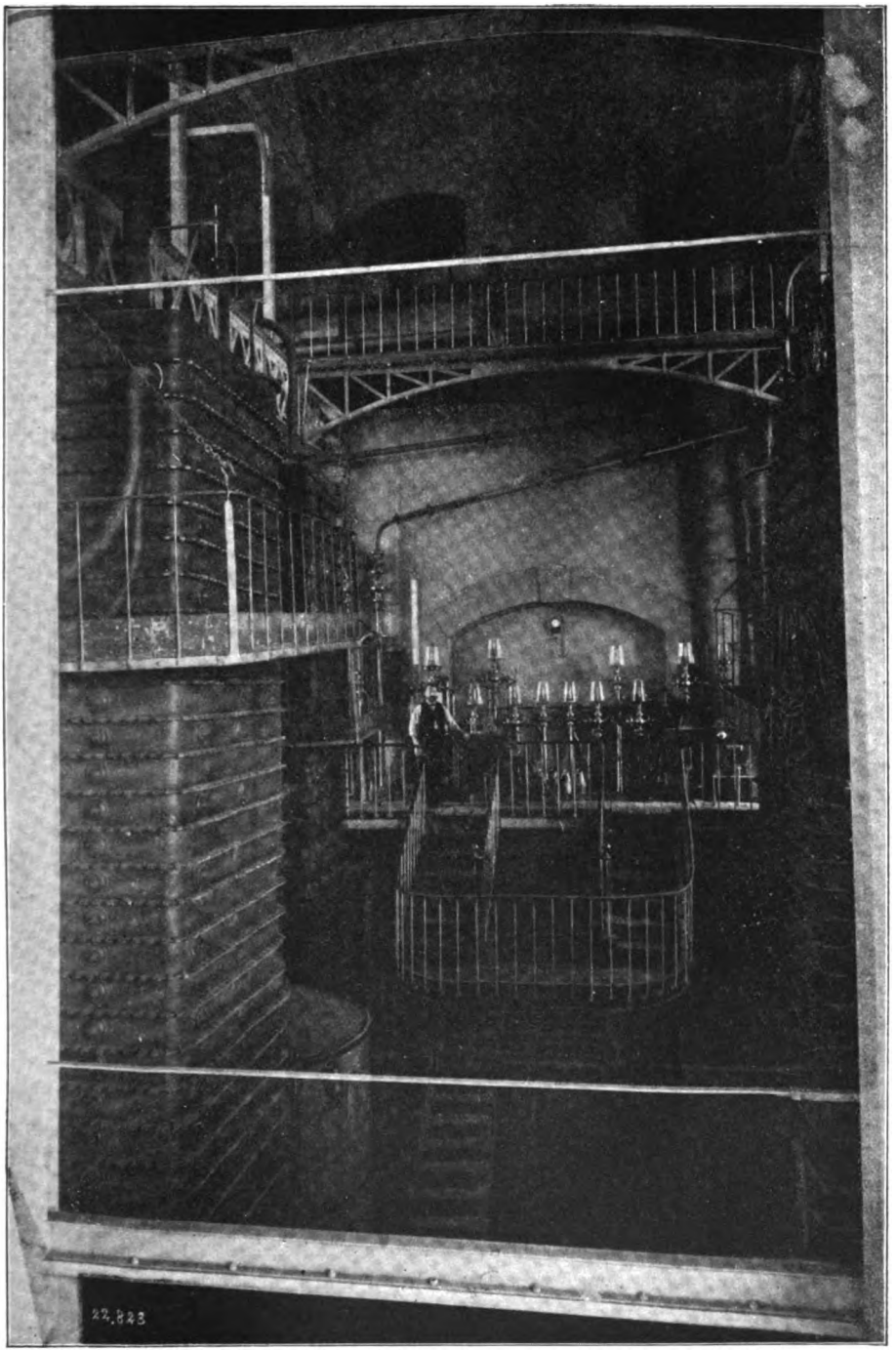



Kupferner continuirlicher Maische-Destillirapparat für Spiritus von 95 bis 96°.
System Heckmann.

Die obenstehende Abbildung veranschaulicht den continuirlich arbeitenden Destillirapparat von Heckmann, welcher durch die Einrichtung, daß die Maische kochend in die Maischcolonne gelangt, nachdem zu ihrer Erwärmung die Wärme der Spiritusdämpfe ausgenützt wurde, fast vollkommen fuselfreien hochprocentigen Sprit liefert.

Die Maische wird mit Hilfe einer Pumpe in den Vorwärmer A gebracht und gelangt aus diesem in den zweiten Vorwärmer B durch das Verbindungsrohr A, aus welchem sie, stark angewärmt, durch das Rohr b in die Maischcolonne C eintritt. In dieser wird sie, über eingelegte Böden fließend, durch den von unten einströmenden Dampf vollständig entgeistet.

Digitized by Google

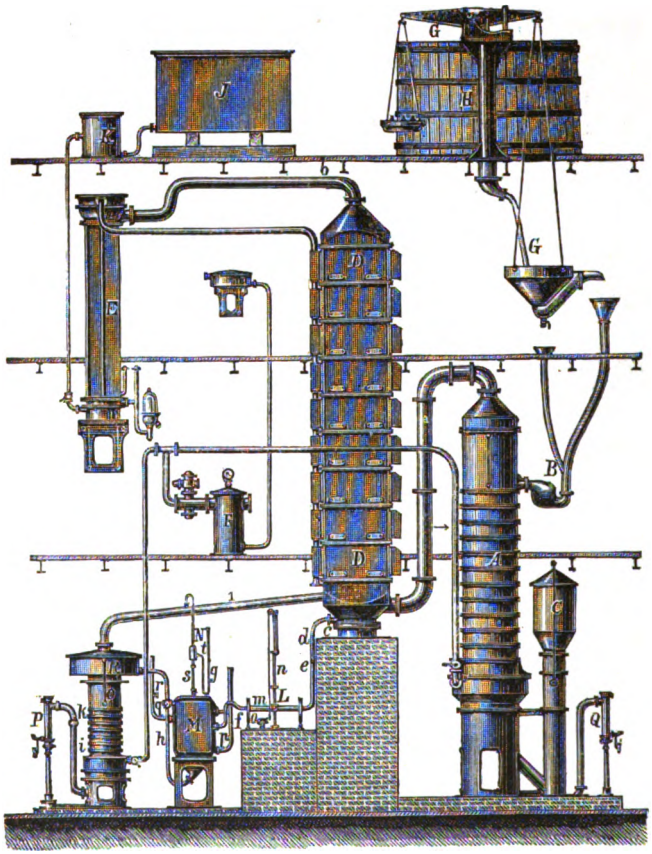


Inneres einer Spiritusbrennerei. Der Raum bei den Meßapparaten.
(Aus der Baron Springer'schen Spiritus- und Preßhefefabrik Maison Alfort bei Paris.)



Digitized by Google

Sie tritt dann durch ein unten angebrachtes Rohr aus und gelangt in den Schlemperegulator I. Die mit Alkohol beladenen Wasserdämpfe gelangen aus der Maischcolonne durch das Rohr d in die Rectificircolonne D. In dieser sind Glockenrectificatoren angebracht, aus welchen sehr alkoholreiche Dämpfe durch das Rohr e in den Dephlegmator A einströmen. Der Rücklauf der dephlegmirten Dämpfe findet durch f in den Rectificator statt. Die im Dephlegmator nicht verdichteten Dämpfe streichen durch das Rohr g in den Kühlapparat E, in dem sie verdichtet werden und als hochprocentiger Spiritus in die Vorlage F gelangen. G ist ein zwischen der Maischcolonne und der Rectificircolonne eingeschalteter Probekühler, mittelst dessen man feststellen kann, ob die Schlempe vollkommen entgeistet wurde. H ist ein Manometer, um den im Apparate herrschenden Druck jederzeit ablesen zu können, durch die Oeffnungen K kann das Innere des Apparates gereinigt werden.



Der Feinspritautomat nach Patenten von Robert Ilges.

Um Feinsprit, also sogenannten fuselfreien Alkohol zu erzeugen, muß das Destillat noch einer weiteren Reinigung unterzogen werden. Dies geschieht entweder durch abermalige Destillation in besonderen Rectificirapparaten, oder aber man verwendet zur Destillation gleich etwas complicirtere Apparate, welche direct Feinsprit liefern.

Ein solcher Apparat ist der Feinspritautomat von Ilges, welchen die obenstehende Abbildung veranschaulicht. Die Maische wird diesem Apparate mit Hilfe des Maischregulators G zugeführt, und zwar in stets gleichen Mengen. Wie die Abbildung erkennen läßt, ist dieser Maischregulator nach Art einer Balkenwage construirt. Ist das Gefäß G mit einer den auf der linken Wageschale liegenden

Digitized by Google

Gewichten entsprechenden Maischmenge gefüllt, so sinkt das Gefäß G nach abwärts und entleert seinen Inhalt automatisch in den Trichter, durch den die Maische in die Maischsäule A fließt. Dann wiederholt sich das Spiel aufs neue.

Die Maische erfüllt die ganze Maischsäule, in der an Stelle einzelner Böden nach abwärts geneigte Teller eingefügt sind, die abwechselnd von der Achse der Maischsäule und von ihren Wandungen ausgehen. Die Teller tragen excentrisch aufgesetzte Rippen und durch ihre Zwischenräume strömen die Wasserdämpfe, deren Eintritt ebenfalls automatisch von dem Dampfregulator F vermittelt wird. Die einzelnen Teller sind in solcher Weise angeordnet, daß die herabfließende Maische durch einen Teller eine Drehung nach rechts, durch den folgenden nach links erfährt u. s. f. Dadurch wird die den Dämpfen dargebotene Oberfläche fortwährend erneuert und eine vollständige und rasche Entgeistung ermöglicht.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Vorrichtung zur Abscheidung des Fuselöles. Sie gründet sich auf die von Traube aufgefundene Thatsache, daß die Verdampfung des vorhandenen Fuselöles im Verhältnisse zur Verdampfung des Alkohols um so stärker ist, je weniger Alkohol die Flüssigkeit enthält. Der Alkoholgehalt des Lutters bei seinem Austritte aus den Dephlegmatoren D in die Luttersäule O, darf daher eine gewisse obere Grenze nicht überschreiten, da sonst das Fuselöl im Alkohol gelöst bleibt. Ist dagegen der Alkohol zu verdünnt, so verdampft das Fuselöl in relativ stärkerem Maße in dem oberen Theile der Dephlegmatoren und es gelangen nur geringe Mengen in die Luttersäule. Um nun den Lutter stets mit der zur Ausscheidung des Fuselöles zweckmäßigsten Concentration aus dem Dephlegmator fließen zu lassen, ist hier der sinnreich erdachte Temperaturregulator L eingeschaltet, durch welchen bei zunehmender Temperatur des Lutters mehr Kühlwasser zum Dephlegmator gelangt, wodurch die Concentration vermehrt, also die Temperatur des Lutters vermindert wird. Bei sinkender Temperatur des Lutters findet der umgekehrte Vorgang statt, so daß auf diese Weise die Temperatur des Lutters nur innerhalb sehr enge gezogener Grenzen schwankt.

Die Abtheilungen des Dephlegmators sind gußeiserne, viereckige Kästen, in denen sich wagrecht und reihenweise gelagerte Kühlrohre befinden. Innerhalb dieser Rohre fließt das Kühlwasser; die Zwischenräume sind mit Porzellankugeln angefüllt, so daß kräftige Dephlegmation und Rectification der Dämpfe abwechselnd stattfindet.

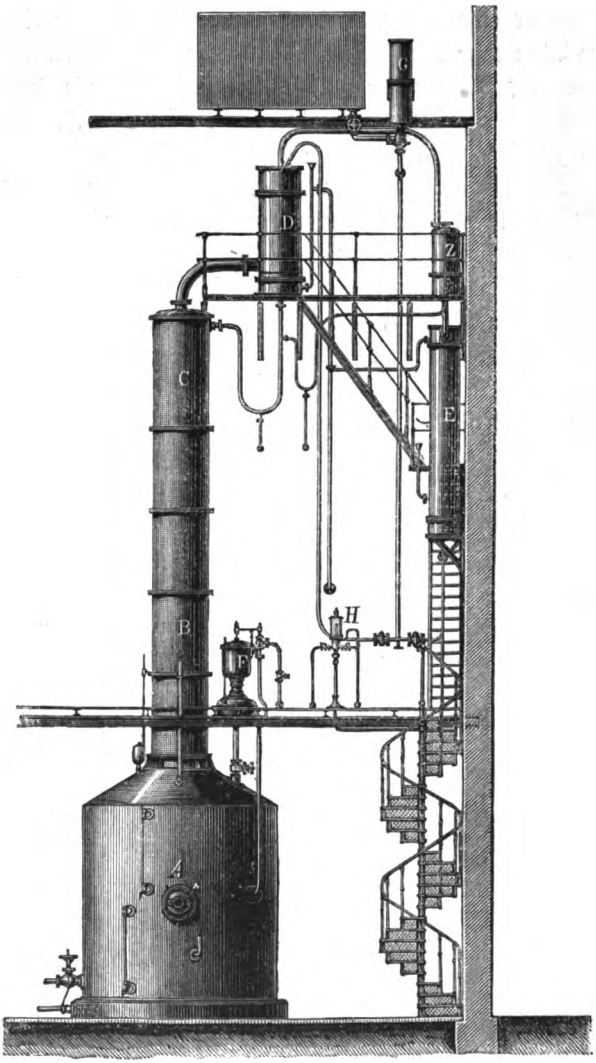
Schließlich wollen wir noch einen zur Rectification der bei der gewöhnlichen Destillation der Maische erhaltenen Producte, des Lutters, Branntweines und Spiritus von verschiedener Stärke dienenden Apparat kennen lernen. Es ist dies der Niederdruck-Rectificirapparat System Pampe, dessen Einrichtung die Abbildung auf Seite 660 zeigt.

Die Rectificirblase A dieses Apparates besitzt eine cylindrische Form und bildet einen von unten bis oben freien Behälter, der somit einen einzigen Raum bildet. In diesem Raume ist eine Heizschlange mit sehr großer Oberfläche



Digitized by Google

in solcher Weise angebracht, daß die Wärme unter günstigen Verhältnissen übertragen wird und das Condensationswasser leicht und ohne Störung abzufließen vermag. Oberhalb dieser Schlange befindet sich eine Vorrichtung, welche verhindert, daß Theile der kochenden Flüssigkeit in die Colonne gerissen werden können, auch erfährt der von der Colonne kommende Lutter, bevor er in die Blase sich ergießt, eine Rectification.

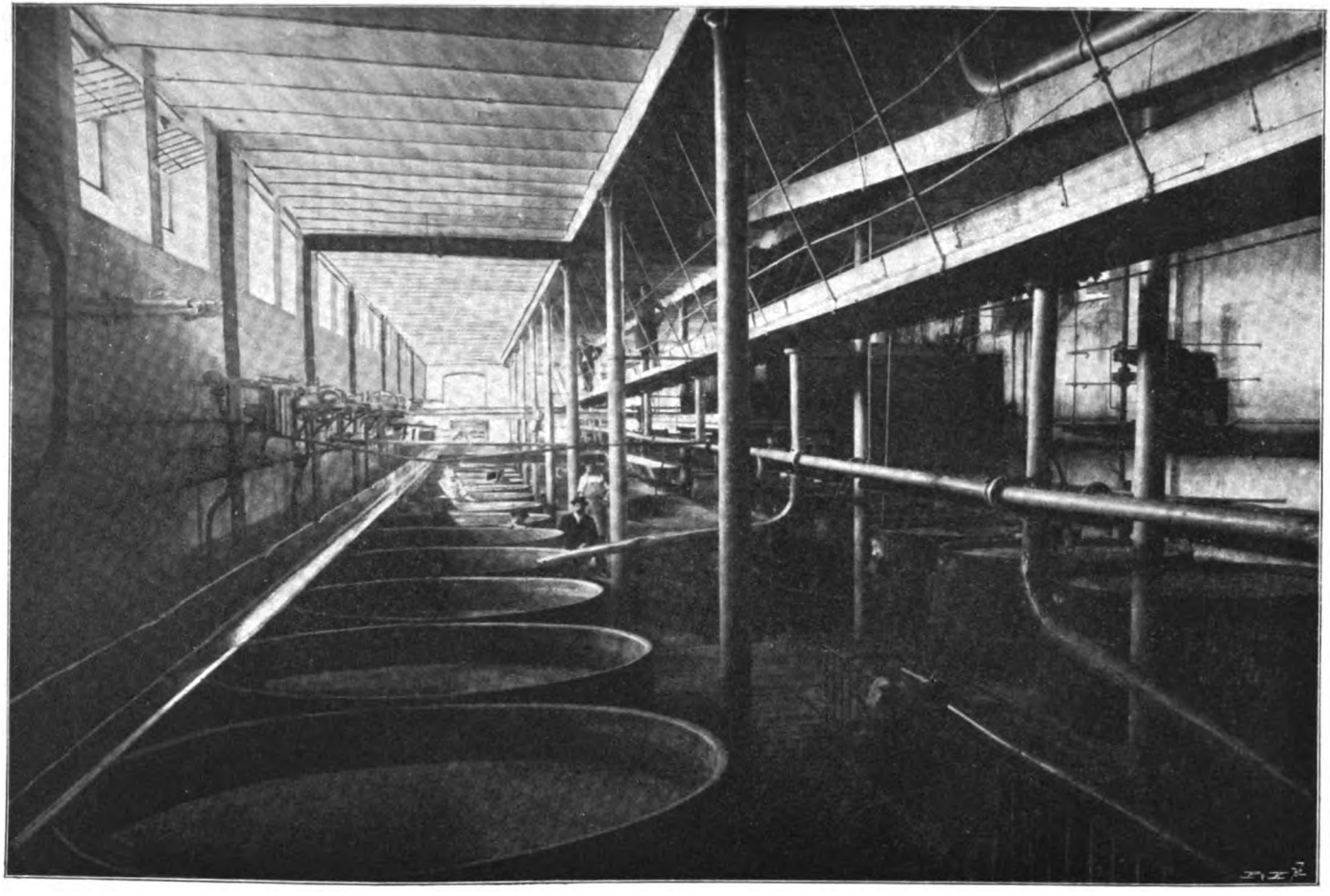



Der Niederdruck-Rectificirapparat. System F. Pampe.

Die Rectificationscolonne B und C ist so eingerichtet, daß selbst bei intensiver Mischung von Dampf und Flüssigkeit der Druck nur etwa 600 bis 700 mm beträgt, wodurch wesentlich an Wärme gespart wird. Die Einrichtung des Dephlegmators D beruht auf dem Principe der Gegenströmung zwischen Dampf und ausgeschiedenem Lutter. Das Zwischenstück Z wirkt in ähnlicher Weise wie der Saftfänger bei den Verdampfapparaten der Zuckerfabriken. Es verhindert, daß Flüssigkeitströpfchen in den Kühler übergerissen werden, so daß also nur Dampf in den Kühler gelangt. E ist der Kühler, F ein Dampfregulator und endlich G ein Regulator, dessen Aufgabe es ist, den Zufluß des Kühlwassers constant zu erhalten.

Viele große Spiritusfabriken betreiben neben der Darstellung von Alkohol auch die Gewinnung von Preßhefe, ein hauptsächlich aus lebenden, kräftigen Hefezellen bestehendes Product, dessen sich die Bäcker zur Lockerung des Teiges bedienen. Die in den Brauereien gewonnene Hefe ist zur Darstellung der Preßhefe nicht geeignet, da ihr der Hopfengeruch und Hopfen-

Digitized by Google



**Inneres einer Preßhefe-Fabrik (Gährraum).**

**Aus der Baron Springer'schen Spiritus- und Preßhefe-Fabrik Maison Alfort bei Paris.**

Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

Digitized by Google

geschmack hartnäckig anhaftet. Er kann wohl durch wiederholtes Waschen entfernt werden, doch wird dann die Hefe selbst in ihrer Wirkung so geschwächt und herabgesetzt, daß sie zu den gedachten Zwecken nicht mehr gut verwendet werden kann.

Die zur Darstellung der Preßhefe bestimmte Hefe wird von der reifen Maische abgeschöpft und auf einem Siebe von den gröberen Bestandtheilen der Maische befreit. Dann leitet man die abfließende Hefe noch über ein engmaschiges Sieb und läßt sie endlich in großen Bottichen absitzen. Endlich wird sie von der Flüssigkeit getrennt und mit Wasser gewaschen, um die den Zellen noch anhaftende Maische zu entfernen.

Die ausgewaschene Hefe wird gewöhnlich mit Stärkemehl versetzt, und zwar deshalb, da sie sich einerseits dann besser formen läßt, andererseits weil es auf diesem Wege möglich ist, ein billigeres, aber immer noch kräftig wirkendes Product zu erzeugen. Schließlich wird der Hefebrei in Filterpressen, deren Einrichtung wir kennen, entwässert. Dann wird der Hefekuchen noch schwach geknetet und endlich in Formen gedrückt. Die fertige Preßhefe kommt in Stanniol oder in Paraffinpapier verpackt in den Handel und wird verhältnismäßig theuer bezahlt, so daß durch die Herstellung dieses Productes die Rentabilität der Spiritusbrennereien nicht unwesentlich erhöht wird.

Wir haben nun die Herstellung des Alkohols kennen gelernt, und wollen uns mit diesem Producte vom chemischen Standpunkte selbst noch etwas näher befassen.

Gleich den Kohlehydraten besteht auch der Alkohol aus den drei Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, doch sind diese im Molecüle in ganz anderer Menge und Lagerung vorhanden, so daß Körper von vollständig abweichender Beschaffenheit entstehen.

Der Alkohol, welcher in den Brennereien gewonnen wird, ist der sogenannte Aethylalkohol; er enthält im Molecüle zwei Atome Kohlenstoff, sechs Atome Wasserstoff und ein Atom Sauerstoff. Außer ihm kennen wir jedoch noch zahlreiche andere Alkohole, die aufsteigend eine ähnliche Reihe bilden, wie wir dies bei den Kohlenwasserstoffen kennen gelernt haben.

Das unterste Glied dieser Reihe ist der Methylalkohol oder der Holzgeist, dessen Molecül ein Atom Kohlenstoff und Sauerstoff und vier Atome Wasserstoff enthält. Ihm folgt der Aethylalkohol, diesem der Propylalkohol, der Butylalkohol, der Amylalkohol u. s. f. Und jedes Glied dieser Reihe unterscheidet sich von dem vorhergehenden durch einen Mehrgehalt von einem Kohlenstoff- und zwei Wasserstoffatomen.

Parallel mit dieser Reihe der Alkohole bewegen sich auch ihre Siedepunkte. Während beispielsweise der reine Methylalkohol (Holzgeist) bei 66° C. siedet, siedet der Aethylalkohol bei 78, der Propylalkohol bei 97° C. u. s. f.

Die wiederholt erwähnten Fuselöle sind Gemische höher siedender Alkohole, die je nach den Rohmaterialien, welche zur Darstellung des Alkohols verwendet wurden, verschieden zusammengesetzt sind. Speciell unter dem Namen „Fuselöl"

Digitized by Google

wird aber der sich bei der Gährung bildende Amylalkohol verstanden, der in besonders großen Mengen im sogenannten Nachlaufe der Kartoffelspiritusfabriken enthalten ist. Er bildet eine ölige, eigenthümlich riechende Flüssigkeit, die bei 130° C. siedet und angezündet mit blauer Flamme brennt.

In den genannten Alkoholen unterscheidet sich ein Wasserstoffatom von den anderen dadurch, daß es durch andere Elemente oder Radicale ersetzt werden kann. Trägt man beispielsweise in wasserfreien Aethylalkohol metallisches Natrium ein, so entweicht Wasserstoff und es entsteht eine neue Verbindung, die zwei Atome Kohlenstoff, ein Atom Sauerstoff, fünf Atome Wasserstoff und ein Atom Natrium enthält. Wird dagegen dieser vertretbare Wasserstoff durch Radicale organischer Verbindungen ersetzt, so entstehen zahlreiche wichtige Körper, die sogenannten Aether und die Ester.

Der einfachste Fall ist der, daß zwei Alkoholmolecüle der gleichen Art sich unter Austritt eines Molecüles Wasser vereinigen, was durch wasserentziehende Mittel erreicht werden kann. Rufen wir dies beispielsweise bei dem Aethylalkohol hervor, so erhalten wir den bekannten Aether, welcher in vielen Industrien verwendet wird. Auch dient er als Betäubungsmittel; da man früher glaubte, daß er Schwefel enthalte, wurde und wird er heute noch auch „Schwefeläther" geheißen.

Vereinigt sich dagegen ein Molecül Alkohol mit einem Molecüle einer Säure, und zwar ebenfalls unter Wasseraustritt, so erhalten wir die sogenannten zusammengesetzten Aether oder Ester, von denen sich manche durch einen angenehmen, an frische Früchte erinnernden Geruch auszeichnen.

Die Darstellung des gewöhnlichen Aethers, des Aethyläthers, ist eine verhältnismäßig einfache Operation. Erhitzt man nämlich ein Gemenge von 5 Theilen 90%igem Alkohol mit 9 Theilen concentrirter Schwefelsäure auf 140° C., so destillirt bei continuirlichem Zuflusse von Alkohol ständig Aether über. Theoretisch müßte man mit einer gegebenen Menge Schwefelsäure unbegrenzte Mengen Aether darstellen können. Doch muß von Zeit zu Zeit die Schwefelsäure erneuert werden, da sie durch eintretende Nebenreactionen Veränderungen erleidet. Der Rohäther muß noch durch Rectification von Wasser und Schwefelsäure, sowie von schwefliger Säure befreit werden. Um wasserfreien Aether herzustellen, destillirt man ihn über metallisches Natrium.

Der Aether ist eine leicht bewegliche Flüssigkeit von eigenthümlichem charakteristischen Geruche, welche bei 34·9° C. siedet. Die Dämpfe sind schwerer als die Luft, doch entzünden sie sich äußerst leicht und diese Eigenschaft in Verbindung mit dem niederen Siedepunkte dieses Körpers bedingt die hohe Feuergefährlichkeit desselben.

Die Verwendung, welche der Aether findet, ist sehr verschiedener Art. Er dient als Anästheticum und zur Bereitung der Hoffmann'schen Tropfen, einer Mischung von 1 Theil Aether mit 3 Theilen Alkohol. Ferner verwendet man ihn in der Farbstoffindustrie, als Lösungsmittel für Fett und für Schießbaum-

Digitized by Google

wolle, wobei Collodium erhalten wird. Bei der Verdunstung bindet er bedeutende Wärmemengen, man hat ihn daher auch in Kältemaschinen verwendet. Desgleichen wurde er zum Treiben von Motoren, ähnlich wie Benzin, empfohlen.

Die zusammengesetzten Aether oder Ester werden erhalten, indem man den Alkohol mit der Säure allein oder unter Zusatz wasserentziehender Mittel, wie Schwefelsäure, destillirt. Alkohol und Säure vereinigen sich dann unter Austritt eines Molecüles Wasser zu einer neuen Verbindung, dem Ester. Je nachdem man nun Aethyl-, Amyl- oder einen anderen Alkohol anwendet und diese Alkohole mit verschiedenen Säuren, beispielsweise mit Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure u. s. w. verestert, erhält man Ester von verschiedenen Eigenschaften und verschiedenem Geruche. Eine sehr häufig angewendete Methode zur Darstellung der Ester besteht auch darin, daß man den Alkohol mit dem Salze der Säure unter Zusatz von Schwefelsäure destillirt. Man erhält beispielsweise den Essigsäureamylester durch Destillation eines Gemisches von Amylalkohol, essigsaurem Natrium und Schwefelsäure.

Diese Ester, deren sich viele durch einen höchst angenehmen Fruchtgeruch auszeichnen, werden zur Fabrikation der Spirituosen, in der Parfumerie und in der Conditorei verwendet. Ihr feiner, angenehmer Geruch tritt jedoch nur hervor, wenn sie in großer Verdünnung angewendet werden. — —

Wie wir in der Einleitung zu diesem Abschnitte erwähnten, ist die Darstellung gegohrener Getränke, wie auch die Abscheidung des Alkohols aus solchen Flüssigkeiten ein Gewerbe, das schon seit undenklichen Zeiten ausgeübt wird. Erst im Laufe dieses Jahrhunderts sehen wir aber an Stelle zahlreicher kleiner Erzeugungsstellen gewaltige Spiritusfabriken treten, die, ausgerüstet mit den vollkommensten Apparaten, auch ein Product herzustellen vermögen, wie man es früher nicht gekannt hatte. Es ist dies auch leicht begreiflich, wenn wir uns vergegenwärtigen, daß die Gährungsvorgänge erst seit verhältnismäßig kurzer Zeit der Gegenstand wissenschaftlicher Forschung wurden und daß man erst, als das Wesen der Gährung richtig erkannt und ihr Verlauf näher studirt war, daran gehen konnte, die im Laboratorium gemachten Erfahrungen in die Praxis zu übertragen.

An die Stelle des Empirikers, der nach überlieferten Recepten das Korn brannte, trat der Chemiker und der Bakteriologe, die alten, unvollkommenen Apparate wurden durch die modernen Colonnenapparate verdrängt, die nicht nur mit Bezug auf ihre Leistung, sondern auch in Hinsicht auf die Qualität des Productes gegen frühere Zeiten ganz Wunderbares leisten. So sehen wir, daß besonders die Spiritusfabrikation — wie überhaupt alle Gährungsgewerbe — ein Gebiet sind, welches, wohl schon lange bekannt, doch erst durch die neuen und neuesten Forschungen der Chemie und besonders der Gährungschemie, zum Range einer Industrie erhoben wurde, die, besonders in ackerbautreibenden Ländern, eine erste Stelle einnimmt und ausschließlich auf wissenschaftlicher Grundlage beruht.

Digitized by Google

## Die Bierbrauerei.

Während der Alkohol vorwiegend industriellen Zwecken dient und nur eine verhältnismäßig geringe Menge theils als Branntwein, theils versüßt und mit verschiedenen riechenden und schmeckenden Stoffen als Liqueur genossen wird, ist das Bier, dessen Darstellung auch zu den Gährungsgewerben zählt, ein Stoff, bei dem es schwer fällt, zu entscheiden, ob er zu den Genußmitteln oder zu den Nahrungsmitteln gehört. Für die letztere Bezeichnung spricht wohl der Umstand, daß das Bier thatsächlich Nährstoffe enthält und daß es auf der ganzen Erde so allgemein consumirt wird, ja bei einzelnen Völkern fast ebenso ein Bestandtheil der Mahlzeiten ist wie das Brot.

Mit Rücksicht auf den geringen Gehalt an Nährstoffen und die Thatsache, daß ein normaler Mensch sich mit dem Biere als Hauptnahrung auf die Dauer nicht behelfen könnte, müssen wir es aber doch zu den Genußmitteln zählen.

Jedenfalls haben wir es aber hier mit einem Getränke zu thun, das seines billigen Preises und seiner günstigen dietätischen Wirkungen wegen von allen Gesellschaftsclassen genossen wird und als das beste Mittel zur Bekämpfung der so verderblichen Schnapspest bezeichnet werden muß. Eine ganz besondere Rolle spielt bekanntlich das Bier aber in den germanischen Ländern, und wir Alle wissen ja, welches Ansehen, ja geradezu welche Verehrung manche Biersorten bei den Biertrinkern aller Länder genießen. Dies ist aber nicht etwa eine Errungenschaft der neueren Zeit, sondern schon in vergangenen Jahrhunderten verstand man braunes Bier zu brauen und die Gilde der Brauer genoß das gleiche Ansehen wie heute.

Wohl ist der Wein jenes geistige Getränk, welches am längsten bekannt sein dürfte und das schon in jenen fernen Zeiten erzeugt wurde, von denen uns keine feststehenden geschichtlichen Ueberlieferungen berichten. Wie aber neuere Untersuchungen gelehrt haben, wußten schon die ältesten Culturvölker außer dem Weine auch noch andere gegohrene Getränke darzustellen, die auf weit kunstvollere und umständlichere Weise bereitet wurden wie der Wein und die eine unbestreitbare Aehnlichkeit mit unserem Biere gehabt haben müssen.

Wenn man als „Bier" jedes aus Getreide bereitete Getränk bezeichnet, so finden wir, daß solche Getränke nicht nur den Culturvölkern des Ostens, den Chinesen und Japanern längst bekannt waren, sondern daß sie auch von Völkern dargestellt werden, die unseren Begriffen nach auf einer sehr niederen Culturstufe stehen.

Die Chinesen stellen ein „Tarusum" genanntes Getränk aus Gerste her, das „Sali" der Japaner ist Reisbier, im tropischen Abyssinien wird ein „Sasoir" genanntes Getränk aus Sesam hergestellt und die Berichte der Erforscher des Inneren von Afrika machen uns mit Getränken bekannt, die aus Pflanzensamen gewonnen werden und ihrer Bereitung nach jedenfalls mehr an das Bier als an den Wein erinnern.

Digitized by Google

Während man früher die Erfindung der Kunst, Bier zu brauen, einem fabelhaften König der Niederlande, Gambrinus (vielleicht abgeleitet aus Jan primus), zuschrieb, haben in neuerer Zeit archäologische Forschungen den Nachweis geliefert, daß der Ursprung der Kunst, Bier zu bereiten, für Europa wenigstens, in Aegypten zu suchen ist. Ja aus ägyptischen Schriften und hieroglyphischen Inschriften geht sogar unzweifelhaft hervor, daß die alten Aegypter zwei Sorten von Bier zu bereiten wußten, welche Haqu und Zehd genannt wurden.

Von Aegypten mag wohl die Kunst der Bierbereitung zunächst in das benachbarte Aethiopien gelangt und von da den westasiatischen Völkern bekannt geworden sein. Das von den Hebräern Sechar genannte berauschende Getränk, welches nicht aus Traubensaft hergestellt wurde, war vielleicht dem ägyptischen Biere nachgeahmt.

Von den Aegyptern lernten die Griechen das Bier kennen, doch ist es mehr als zweifelhaft, ob sie diesem Getränke besondere Aufmerksamkeit schenkten. Wenigstens giebt es kein eigentliches griechisches Wort für dieses Getränk und die betreffenden Namen sind anderen Sprachen entlehnt, wie das Wort „Zythos", welches lebhaft an das Zehd der Aegypter erinnert. Auch darf es uns nicht wundern, wenn die Griechen dem Biere wenig Begeisterung entgegenbrachten — lebten sie doch in einem an edlem Weine überreichen Lande, in dem der Rebensaft und sein mythischer Erfinder Bacchos sogar zum Gegenstande eines besonderen Cultus gemacht wurde.

Tacitus erzählt, daß die Germanen ihre Getränke aus Gerste oder Weizen bereiten und schildert sehr ausführlich und anschaulich die große Rolle, die diese Getränke im Leben des genannten Volkes spielten. Wir finden die merkwürdige Thatsache, daß man in einem südlichen Lande mit sehr alter Cultur — Aegypten — ein Getränk aus Getreide zu bereiten verstand, und finden ferner, daß die zur Römerszeit noch sehr uncivilisirten Völkerschaften, welche damals die nördlichen Länder Europas bewohnten — die Scythen, Panonier, Germanen, Gallier und die damaligen Bewohner Spaniens — die gleiche Kunst übten.

Bei dem Umstande aber, daß, wie die Funde in den Pfahlbauten beweisen, die Kenntnis des Getreides bis in die vorgeschichtliche Zeit zurückreicht, müssen wir durchaus nicht annehmen, daß die Lehrmeister aller dieser Völkerschaften in der Kunst der Bierbereitung die Aegypter gewesen sind. Vielmehr ist es weit wahrscheinlicher, daß diese Erfindung von mehreren Völkern zu verschiedenen Zeiten und unabhängig voneinander gemacht wurde — eine Erscheinung, welche sich in der Entwickelungsgeschichte der verschiedenen Völker so oft wiederholt, daß kein Grund vorliegt, gerade hier das Gegentheil anzunehmen.

Bei den germanischen Völkern erfuhr aber das Bier eine besondere Werthschätzung und Pflege. Schon zur Zeit Carls des Großen war es ein bei den Franken allerorts dargestelltes und beliebtes Getränk und aller Wahrscheinlichkeit nach ist zu jener Zeit auch die Verwendung des Hopfens in Gebrauch gekommen.

Digitized by Google

Im frühen Mittelalter, wo alle Künste und Wissenschaften nur innerhalb der Klostermauern eine sichere Heimstätte fanden, ward auch die Braukunst vorzugsweise in den Klöstern geübt und das besonders gute, den Conventualen vorbehaltene Gebräu hieß schon 1482 „Paterbier". In späterer Zeit traten dann die Gemeinden als Brauherren auf, und das Recht, Bier zu brauen, wurde als ein Monopol der Bürgerschaft betrachtet; das berühmte „bürgerliche Brauhaus" zu Pilsen ist in seinem Ursprunge auf diese Gerechtsame zurückzuführen. Noch später erfolgte die Bildung von Gilden und Zünften und unter diesen nahmen die Brauer stets einen Ehrenplatz ein.

Durch die kastenmäßige Abgrenzung der städtischen Zünfte im Mittelalter hatte sich im Laufe der Zeit in gewissen Städten ein bestimmtes Verfahren der Biererzeugung herausgebildet, von dem nicht abgewichen wurde, ja sogar nicht abgewichen werden durfte. Aus dieser Zeit stammen auch die zahlreichen Benennungen einzelner Biergattungen nach Productionsorten, deren Erzeugnisse sich eines besonders schmeichelhaften Rufes erfreuten. Wir nennen nur die „Braunschweiger Mumme", zuerst 1492 von dem Brauer Christian Mumme gebraut, das Merseburger Bier, die Goslarer Gose, das weltberühmte Eimbacker Bier — ähnlich wie in unserer Zeit die Namen Münchener Hofbräu, Dreher'sches Kleinschwechater, Pilsener bürgerliches Brauhaus, Baß & Co.'s India pale ale u. s. w., berühmte, theils nach den Productionsorten, theils nach den Fabrikanten benannte Biersorten sind.

Nach diesem kurzen Ueberblicke über die Geschichte des Bieres und die Entwickelung des Brauwesens wollen wir uns nun mit der Bereitung des Bieres selbst befassen. Viele grundlegende Begriffe haben wir schon bei Besprechung der Spiritusfabrikation kennen gelernt, wie den Vorgang der Malzbereitung, das Wesen der Gährung u. s. f. Dagegen müssen wir hier zahlreiche, in der Spiritusfabrikation nicht zur Anwendung kommende Processe besprechen, und es ist gewiß interessant, uns mit der Bereitung des deutschen Nationalgetränkes vertraut zu machen.

„Hopfen und Malz — Gott erhalt's", lautet der bekannte Wahlspruch der Brauer und er macht uns gleichzeitig auch mit den Rohmaterialien der Biererzeugung bekannt. Außer dem Malz, das aus Gerste erzeugt wird, können jedoch auch Weizen, Mais, Reis ꝛc. zur Biererzeugung verwendet werden. Von nicht geringer Bedeutung auf die Qualität des Bieres ist endlich auch die Beschaffenheit des verwendeten Wassers. Wenn es auch durchaus nicht jene Rolle spielt, die ihm in Laienkreisen oft beigelegt wird, wo man beispielsweise die Meinung äußern hört, die vorzügliche Beschaffenheit des Pilsener Bieres sei nur durch die Güte des in Pilsen zur Verfügung stehenden Brauwassers bedingt, so ist der Einfluß der Beschaffenheit des Wassers durchaus nicht zu verkennen, und jedenfalls kann nur mit gutem Wasser auch ein gutes Bier gebraut werden.

Obwohl man im Stande ist, aus der Gerste, beziehungsweise dem Malze allein ein dem Biere ähnliches, berauschendes Getränk herzustellen, so setzt man

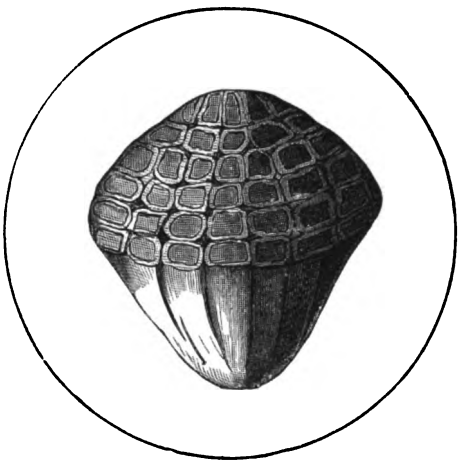
Digitized by Google

doch dem Biere ganz allgemein Hopfen zu, da ihm dadurch nicht nur ein besserer Geschmack, sondern auch eine bedeutendere Haltbarkeit verliehen wird. Der Hopfen ist eine zur Familie der Nesselgewächse gehörende Schlingpflanze, die in Deutschland häufig wild wächst, durch die Cultur jedoch ungemein veredelt wurde und gegenwärtig im Großen an vielen Orten gebaut wird. Böhmen, Bayern, Elsaß und England, in neuerer Zeit auch die Vereinigten Staaten von Nord-Amerika produciren alljährlich sehr bedeutende Hopfenmengen, welche ausschließlich für die Zwecke der Bierbrauerei verwendet werden.

Hopfendolde.

Samen des Hopfens.

Die Hopfendolden bestehen aus den Deckblättern, welche dick mit einem gelben Staube, dem Hopfenmehle, bedeckt sind und an deren Grunde sich die Samen ausbilden. Unter dem Mikroskope erscheint jedes Körnchen Hopfenmehl als ein drüsenartiges Organ, die einzelnen Zellen dieses Gebildes schließen das Hopfenöl ein. Die wichtigsten Bestandtheile des Hopfens sind Hopfenöl, Hopfenharz und Hopfengerbsäure. Da der Hopfen sehr leicht nachtheiligen Veränderungen unterliegt, werden verschiedene Wege eingeschlagen, um ihn längere Zeit hindurch haltbar zu machen. Man trocknet ihn an der Luft oder auf Hopfendarren, dann läßt er sich, in Säcke verpackt, auf trockenen Böden wohl ein Jahr aufbewahren, ohne viel an Qualität zu verlieren. Soll er für längere Zeit conservirt werden, so behandelt man ihn mit gasförmiger, schwefliger Säure, oder preßt ihn in luftdicht verschließbaren Blechbüchsen zusammen, aus denen die Luft ausgepumpt wird. Endlich gewinnt man aus dem Hopfen auch die für den Brauer wichtigen Bestandtheile in Form eines Extractes und solche concentrirte Hopfenextracte, die hauptsächlich von Amerika aus in den Handel gebracht werden, können in gut schließende Büchsen gefüllt, ebenfalls sehr lange aufbewahrt werden.

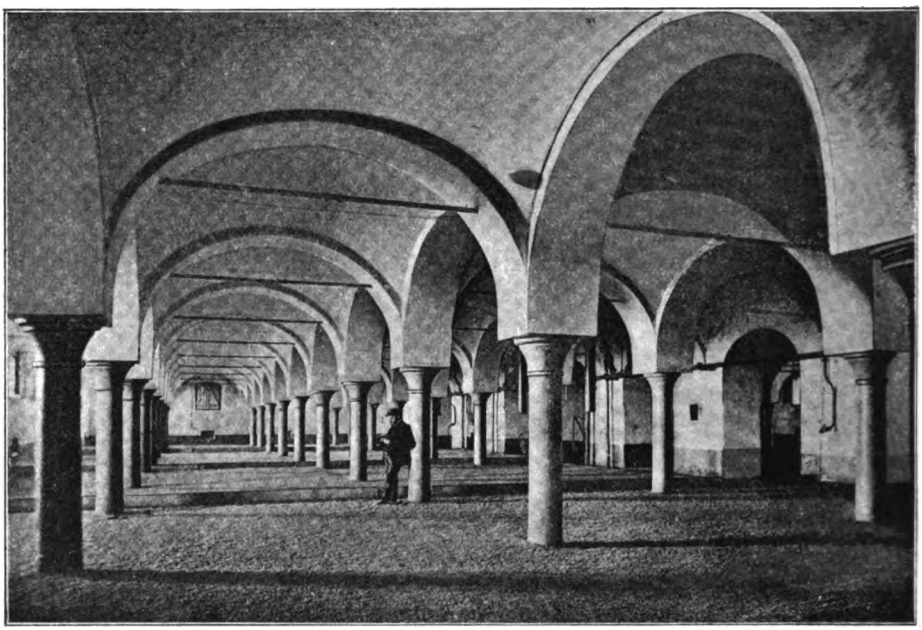


Hopfenmehl, stark vergrößert.

Digitized by Google

Die erste und zugleich eine der wichtigsten Arbeiten, die bei der Fabrikation des Bieres vorgenommen werden muß, besteht in der Bereitung des Malzes. Die richtige Ausführung dieser Operation bedingt nicht nur die Beschaffenheit des künftigen Bieres, sondern auch die Ausbeute, also jene Menge Bier, die aus einer gegebenen Menge Malz gewonnen wird.

Das Wesen der Malzbereitung haben wir schon bei Besprechung der Spiritusfabrikation kennen gelernt. Wir wissen, daß sie in der Einleitung eines Keimungsvorganges besteht, der zur rechten Zeit unterbrochen werden muß.



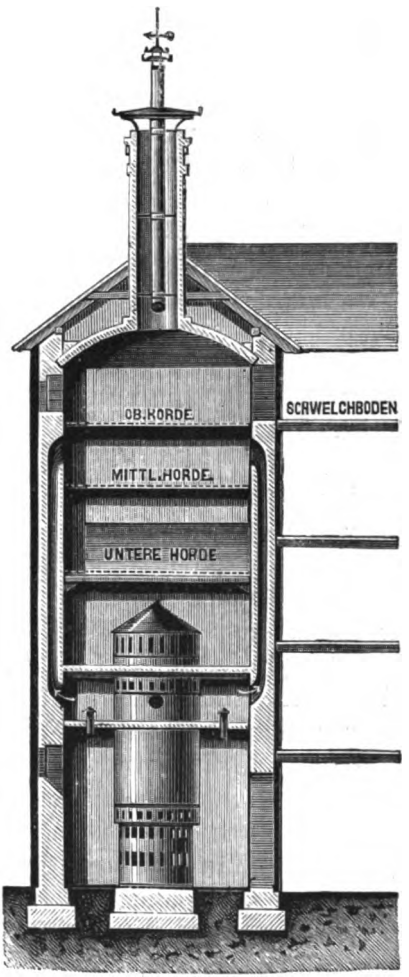
Malztenne.
(Aus dem bürgerl. Brauhause in Pilsen.)

Zur Einleitung des Keimungsvorganges wird die Gerste eingequellt, dann bringt man sie auf die Malztenne, wo sie in flachen Haufen ausgebreitet wird. Diese werden öfters umgeschaufelt, gewendet, und ist besonders darauf zu sehen, daß die Temperatur in den Haufen nicht zu hoch steigt. Ueberhaupt besteht die Kunst des Mälzens zum großen Theile in einer sorgfältigen Ueberwachung und Regelung der Temperatur während des Keimungsprocesses. Wie weit man den Keimungsproceß fortschreiten läßt, hängt ganz von dem Zwecke ab, welchem das Malz dienen soll. Für die Zwecke der Spiritusfabrikation benöthigt man ein diastasereiches, also langgekeimtes Malz, da man eben hier durch die Diastase so viel Stärke als möglich in Maltose überführen will. Dem Brauer dagegen ist es nicht um die Erzeugung bedeutender Alkoholmengen zu thun, er braucht daher ein

Digitized by Google

Malz, das neben Zucker eine entsprechende Menge Dextrin enthält. Man unterbricht daher den Keimungsvorgang in der Regel, wenn die Würzelchen ebenso lang oder einundeinhalbmal so lang geworden sind wie das Getreidekorn selbst, und nur wenn es sich um die Erzeugung eines starken, alkoholreichen Bieres handelt, läßt man das Malz länger wachsen.

Während der Brenner fast ausschließlich Grünmalz verarbeitet, wendet der Brauer Darrmalz an, also Malz, das durch Erwärmen auf höhere Temperatur in einer für den Brauzweck vortheilhaften Weise verändert wurde. Durch das Darren verschwindet der bohnenartige Geschmack desselben und es entsteht jenes angenehme Aroma, welches das fertige Bier charakterisirt. Den Hauptantheil an diesem Aroma haben aber die Röstproducte, die beim Darren gebildet werden.



Verticalschnitt durch eine Malzdarre.

Die Hauptbestandtheile jeder Malzdarre sind immer eine passende Unterlage, auf der das zu darrende Malz zu liegen kommt, und eine Heizvorrichtung, welche die zur Durchführung des Darrprocesses erforderliche Wärme liefert. Während man früher das Darren unmittelbar durch die Verbrennungsproducte besorgte, wodurch das Malz einen unangenehmen Beigeschmack erhielt, ist man heute von der Verwendung dieser „Rauchdarren“ ganz abgekommen und benützt fast allgemein die sogenannten Heißluftdarren, bei welchen das Darren ausschließlich durch einen heißen Luftstrom erfolgt.

Die Darren, welche man heute verwendet, besitzen eine thurmförmige Gestalt und enthalten im Inneren zwei bis drei Darrflächen (Horden), auf denen das zu darrende Malz aufgeschüttet wird. Der Heizapparat ist ein zweckmäßig construirter Ofen, der von einem viereckigen, gemauerten oder von einem cylindrischen Mantel umschlossen ist und einen Strom heißer Luft liefert, die man durch Oeffnen von Kaltluftzügen mit kalter, von außen kommender Luft mischen kann. Damit der Luftstrom rasch durch die Horden und das auf diesen aufgeschichtete Malz nach aufwärts steigt, ist der Darrthurm oben mit einem schlot-

Digitized by Google

artigen Aufsatz, dem Dunstschlauch, abgeschlossen, in dessen Mitte der Schornstein des Ofens aufsteigt. Selbstverständlich ist die Temperatur auf der untersten Horde am höchsten, auf der obersten am tiefsten, das Malz wird nach und nach von der obersten Horde auf die tiefer liegende gebracht, so daß von der untersten Horde fertiges Malz abgenommen wird. Während des Darrens muß das Malz öfters umgeschaufelt werden. Um diese mühevolle Arbeit zu umgehen, hat man auch mechanische Darren, sogenannte Malzwendeapparate construirt, die das auf den Horden liegende Malz fortwährend umschaufeln und ein gleichmäßiges Austrocknen desselben bedingen.

Die Temperatur, der man das Malz auf der Darre aussetzt, richtet sich nach der Beschaffenheit des darzustellenden Bieres. Für sehr helle Biere geht man nicht über 60 bis 65° R. hinaus, für dunkler gefärbte Biere darrt man bei 65 bis 80°.

An Stelle des bei hoher Temperatur gedarrten Malzes, dessen Herstellung ziemliche Kosten verursacht, wendet man gewöhnlich zur Erzeugung dunkler Biere neben hellem Malz sogenanntes Farbmalz an, das, schon in geringer Menge zugesetzt, dem Biere die gewünschte dunkle Färbung ertheilt. Dieses Farbmalz wird durch Rösten von Malz in Blechtrommeln, welche den bekannten Kaffeebrennapparaten ähnlich eingerichtet sind, erhalten. Auch Zuckercouleur findet zu dem gleichen Zwecke Anwendung.

Ist das Darren beendet, so wird das Malz — wie auch schon früher die zu seiner Bereitung verwendete Gerste — einem gründlichen Reinigungsprocesse unterzogen. Damit ist gleichzeitig die Entfernung der Keime, welche einen Bitterstoff enthalten, verbunden. Das Entkeimen und die Reinigung erfolgt in schräge liegenden, langsam rotirenden Siebcylindern, die das Malz passirt. Die abgestoßenen Keime werden als Futtermittel verwendet.

Das gereinigte Malz wird dann geschrotet, wobei besonders auf eine sorgfältige Zerkleinerung des Mehlkörpers gesehen werden muß. Die Hülsen dagegen sollen größere Bruchstücke bilden, da sie später, beim Filtriren der Würze, als Filtermaterial zu dienen haben. Unter Verwendung des geschrotenen Malzes beginnt nun der eigentliche Brauproceß.

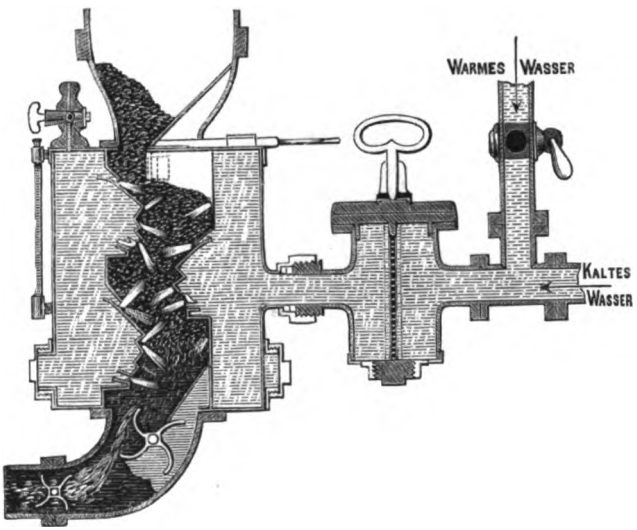
Es handelt sich nun zunächst darum, mit Hilfe des diastatischen Fermentes die in dem Malze enthaltene Stärke in Zucker und Dextrin überzuführen. Dies wird in ähnlicher Weise wie in der Spiritusbrennerei durch den Maischproceß erreicht. Je nach der Art und Weise, in welcher dieser durchgeführt wird, hat man zwei Arten des Maischprocesses zu unterscheiden.

Beim Infusions- oder Aufgußverfahren wird das zerkleinerte Malz zunächst eine gewisse Zeit mit heißem Wasser behandelt, um die Umsetzung des Stärkemehles in lösliche Körper zu bewerkstelligen, dann wird die „Würze", welche sehr concentrirt ist, abgezogen. Der im Maischbottich verbleibende Rückstand wird dann neuerdings und so oft mit heißem Wasser behandelt, bis alle im Malze vorhandenen löslichen Bestandtheile extrahirt sind und nur mehr die Treber hinterbleiben. Die Würzen werden dann vereinigt und vergohren.

Digitized by Google

Das Infusionsverfahren wird gegenwärtig nur mehr selten angewendet, da die aus dem Malze erhaltene Extractmenge relativ gering ist, und die Entstehung von Milchsäure durch die bei der Arbeit eingehaltene Temperatur nicht unterdrückt wird. Man wendet heute daher fast allgemein das Decoctionsverfahren an.

Zur Ausführung des Decoctionsverfahrens wird zunächst die zu einem Gebräu benöthigte Malzmenge mit der gesammten Wassermenge einer Maische hergestellt. Ein Theil dieser Maische wird dann zum Kochen erhitzt und wieder in das Maischgefäß zurückgebracht. Dadurch wird aber die Temperatur der ganzen Maische erhöht, und man wiederholt dies so lange, bis die Maischtemperatur erreicht wurde, welche 72 bis 74° C. beträgt. In den zum Kochen erhitzten Antheilen der Maische wird allerdings das Diastasеferment unwirksam gemacht, doch erzielt man nach diesem Verfahren bessere Ausbeuten, desgleichen wird die Entwickelung des Milchsäureferмentes unterdrückt. Im Allgemeinen wird beim Brauprocesse bei höherer Temperatur gemaischt als in den Brennereien, denn je höher die Maischtemperatur ist, desto mehr Dextrine werden gebildet, und diese sind es, die dem Biere die Vollmundigkeit verleihen.



Vormaischapparat.

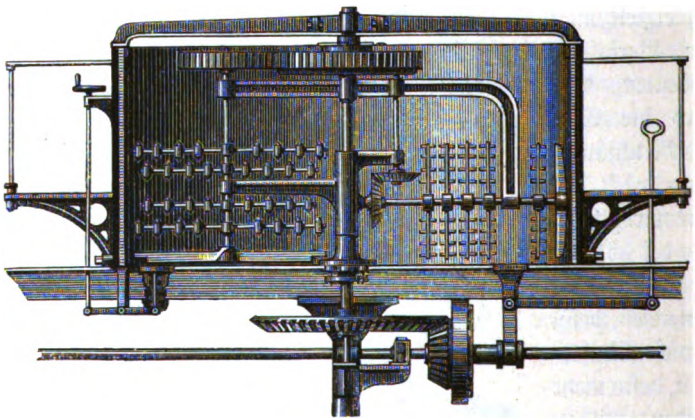
Wollte man Malzschrot im Maischbottich mit Wasser mischen, so wäre das Verstäuben eines Theiles des Malzes nicht zu vermeiden, auch würde es längere Zeit dauern, ehe das Schrot vollständig vom Wasser benetzt und durchdrungen ist. Man wendet deshalb besondere Apparate an, die beim Einmaischen das Verstäuben des Malzes verhindern und ein sehr rasches und gleichmäßiges Benetzen des Malzschrotes herbeiführen.

Diese Vormaischapparate gelangen in zahlreichen Constructionen zur Ausführung. Bei den neueren Apparaten fällt das Malzschrot durch einen Fülltrichter auf eine treppenförmige Fläche, wobei es gleichzeitig mit Wasser eingeteigt wird.

Das Maischen selbst wird im sogenannten Maischbottich vorgenommen. Ursprünglich verwendete man zu diesem Zwecke Holzbottiche, in denen das Malzschrot mit Wasser von bestimmter Temperatur zusammengebracht wurde; die unumgänglich erforderliche mechanische Bearbeitung der Masse besorgte man durch

Digitized by Google

Mischen oder Maischen mit schaufelförmigen Krücken. Von diesen einfachen Vorrichtungen ausgehend, hat man die Maischapparate immer mehr und mehr vervollkommnet, und ist heute bei den sogenannten Maischmaschinen angelangt. Diese Vorrichtungen bestehen aus einem runden Gefäße aus Eisenblech, das mit doppelten Wandungen versehen ist, zwischen denen nach Bedarf Heizdampf circulirt. Im Maischgefäße selbst bewegt sich ein Rührwerk, welches das Durchmischen der Masse ebenso mühelos wie gründlich besorgt. Gewöhnlich stellt man den Maischbottich in solcher Höhe auf ein Eisengerüst, daß die Maische direct nach der Maischpfanne abgelassen werden kann. Außerdem umgiebt man ihn mit einer Galerie, von welcher aus die Maische beobachtet werden kann, und von der aus auch die Hebel zur Ingangsetzung des Rührwerkes, sowie die Ventile zur Zuleitung von Dampf und Wasser, und zur Ableitung der Maische bedient werden.

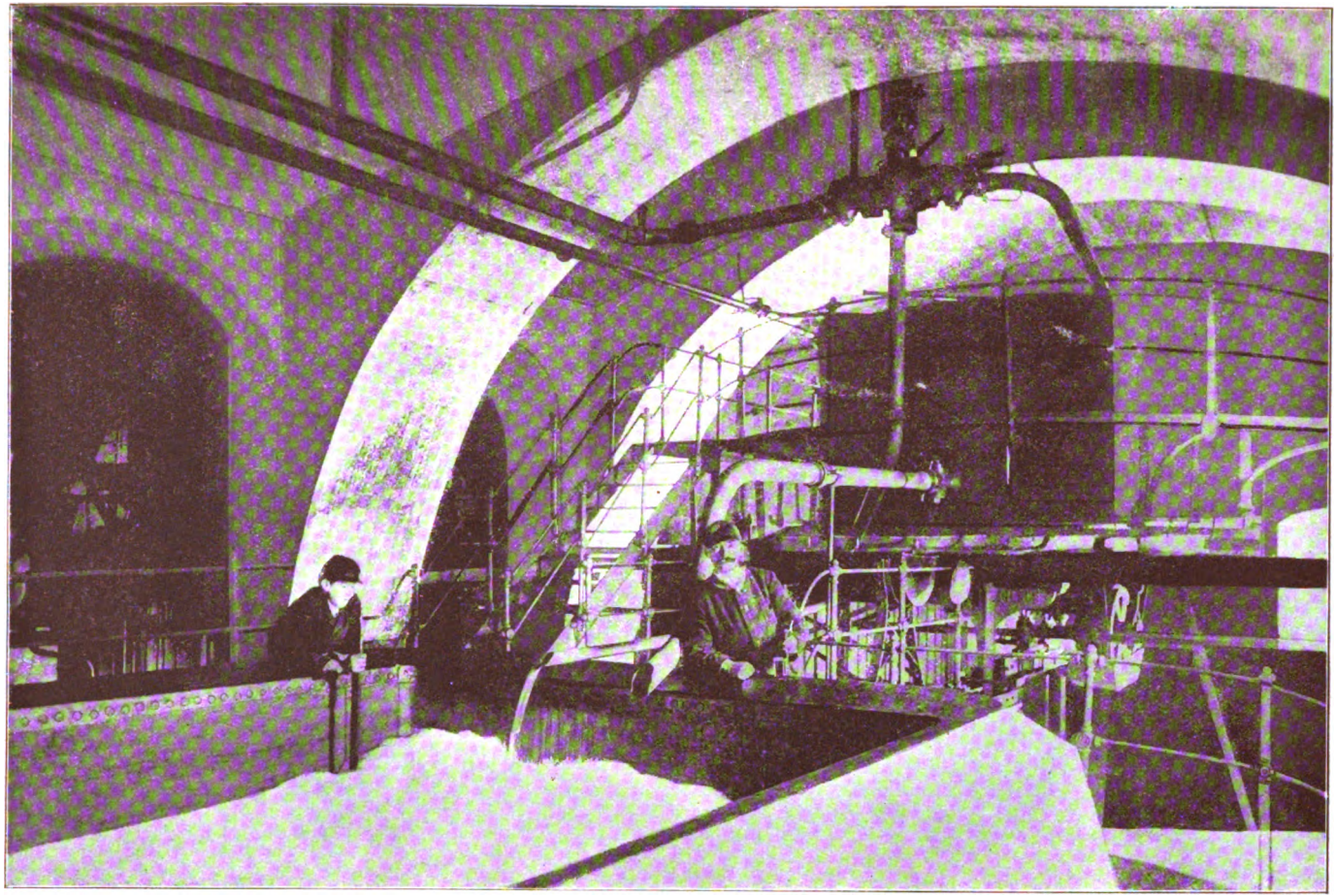


Maischbottich mit Rührwerk.

Das zur Durchführung des Maischprocesses erforderliche heiße Wasser wurde früher in flachen Pfannen, die über einer Heizung aufgestellt waren, erzeugt. Seit aber in den großen Brauhäusern der Dampf ganz allgemein an Stelle der directen Feuerung getreten ist, wendet man große Maischkessel an, in denen die Erwärmung durch Dampf, welcher in Dampfschlangen circulirt, besorgt wird. Auch die Maischkessel, in welchen beim Decoctionsverfahren die einzelnen Maischantheile gekocht werden, besitzen ein Rührwerk, das die festen Bestandtheile der Maische in Schwebe erhält und das Anbrennen verhindert.

Ist der Maischproceß beendet, so muß die Würze, der flüssige Antheil, von dem festen, den Trebern, geschieden werden. Es geschieht dies in einem besonderen Gefäße, dem Läuterbottich, dessen Fassungsraum jenem des Maischbottichs entsprechen muß. Das Läutern der Würze muß so rasch als möglich geschehen, da sich sonst in der erkaltenden Würze leicht größere Mengen Milchsäure bilden können.

Digitized by Google



Sudhausanlage.

(Aus dem bürgerl. Brauhause in Pilsen.)

Digitized by Google

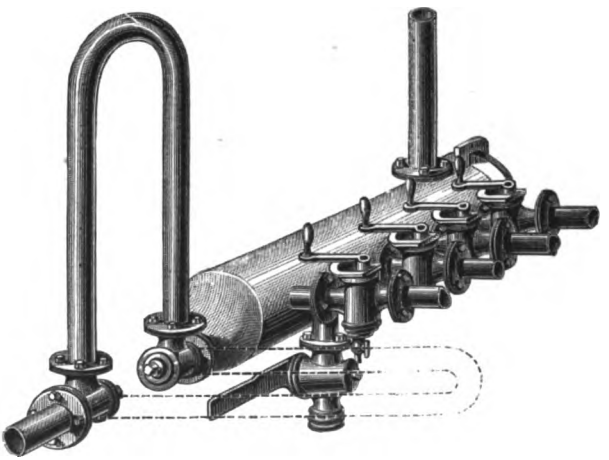
REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

Digitized by Google

In gewisser Höhe über dem Boden des Läuterbottichs liegt eine Siebplatte, auf welcher sich aus der in den Bottich gebrachten Maische die Trebern ablagern und die Filterschicht bilden. Ist diese Schicht genügend dicht geworden, so wird der unterhalb des Siebbodens angebrachte Hahn geöffnet und nun die klare Würze abfließen gelassen. Früher arbeitete man in der Weise, daß man die zuerst abfließende Würze so lange in den Läuterbottich zurückgoß, bis sie endlich ganz blank ablief. Gegenwärtig wendet man aber ganz allgemein, um schnell eine klarlaufende Würze zu erhalten, die sogenannten Läuterbatterien an.

Maischkessel.

Die Läuterbatterie besteht aus einer, von der Größe des Läuterbottichs abhängenden Anzahl kupferner Röhren, die unter verschiedenen Stellen des Siebbodens münden und durch außen angebrachte Hähne ganz oder theilweise geschlossen werden können. Man kann also mit Hilfe dieser Vorrichtung aus jedem Rohre Proben der Flüssigkeit entnehmen und nach Belieben die Würze aus jedem Rohre in ein gemeinschaftliches Sammelrohr treten lassen.



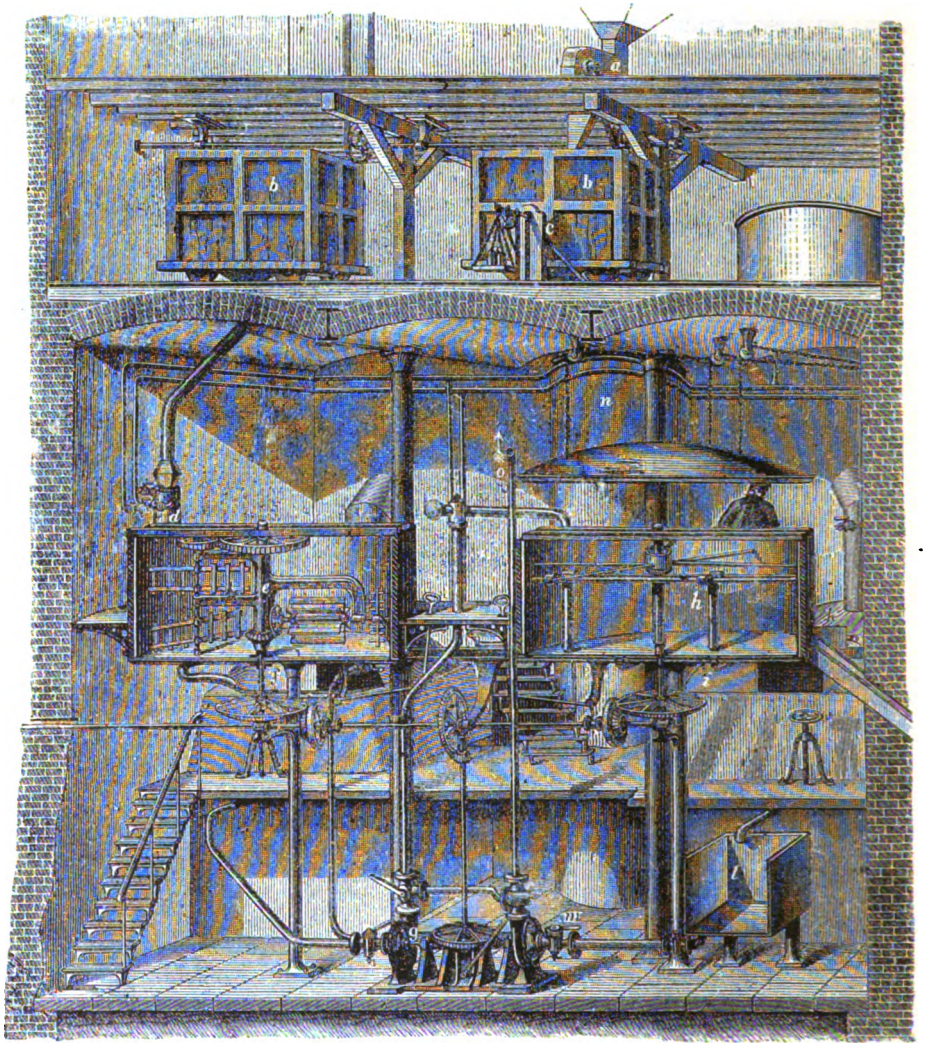
Läuterbatterie.

So lange der Läuterbottich noch fast ganz mit Würze gefüllt ist, drückt sie so stark auf die Treberschicht, daß von der durchlaufenden Flüssigkeit auch Trebertheilchen durch den Senkboden gerissen werden und die Würze nicht klar abläuft. Das an der einen Seite des Hauptrohres der Läuterbatterie angebrachte ∩-förmige Rohr, welches durch Drehen bis in die in der obenstehenden Abbildung durch punktirte Linien angedeutete Stellung gebracht werden kann, ist so hoch, daß



Digitized by Google

beim höchſten Stande der Würze im Läuterbottiche der Spiegel der Flüſſigkeit nur um wenige Centimeter höher liegt als die höchſte Stelle dieſes Rohres. Der Druck,




Sudhauseinrichtung für das Decoctionsverfahren.

a Schrotmühle, bb Rollwagen zum Schrottransport, c Brückenwage, d Vormaiſchapparat, e Maiſchbottich und Maiſchmaſchine, f Maiſchpfanne, g Maiſchpumpe, h Läuterbottich, i Läuterbatterie, k Würzepfanne, l Hopfenſeiher, m Würzepumpe, n Vorwärmer, o Ableitung zu den Kühlſchiffen.

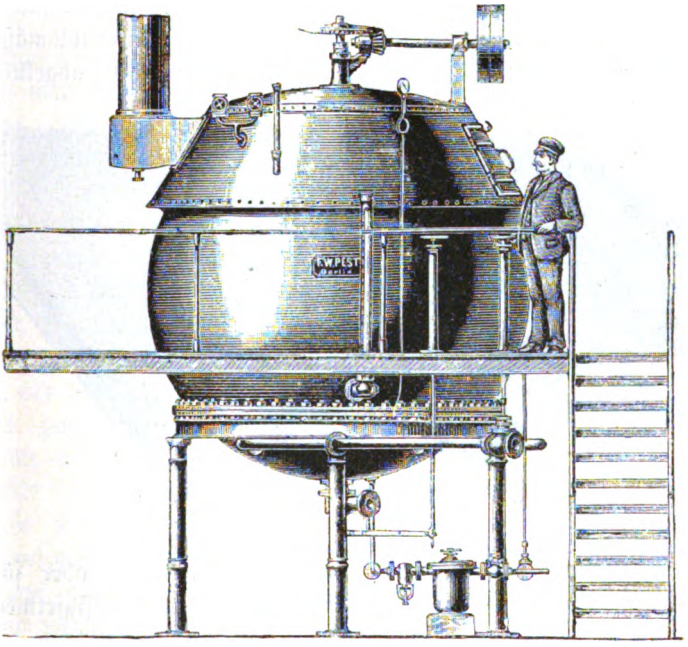
welchen alſo die Flüſſigkeit nach unten ausübt, iſt ſomit ſehr gering, und entſpricht nur der Höhe von wenigen Centimetern. In dem Maße nun, in

Digitized by Google

welchem die Würze im Läuterbottiche sinkt, senkt man auch dieses Rohr, und läßt die Würze klar ablaufen.

Die Handhabung der Läuterbatterie geschieht in der Weise, daß man aus den einzelnen Läuterröhren Proben entnimmt und die Hähne so lange immer enger stellt, bis endlich die Würze klar abläuft. Da diese an allen Stellen des Senkbodens filtrirt, ist das Abläutern selbst einer sehr bedeutenden Würzemenge in ganz kurzer Zeit beendet.

In der auf dem Siebboden des Läuterbottichs lagernden Trebermasse ist aber immer noch Würze enthalten und diese wird durch das „Anschwänzen"



Würzepfanne.

gewonnen. Zu diesem Zwecke spritzt man aus einem drehbaren, mit zahlreichen feinen Löchern versehenen Rohre Wasser auf die Trebern, welches die Würze verdrängt. Da die Trebern aber gewöhnlich so dicht zusammengelagert sind, daß das Anschwänzwasser sie nicht zu durchdringen vermag, werden sie mit Hilfe der Treber-Aufhackmaschine aufgelockert. Diese besitzt große Aehnlichkeit mit den Maischwerken, ihre Schaufeln durchwühlen die Masse und ermöglichen sowohl die leichte Durchführung des Anschwänzens, wie auch die Entfernung der ausgelaugten Treber aus dem Läuterbottiche.

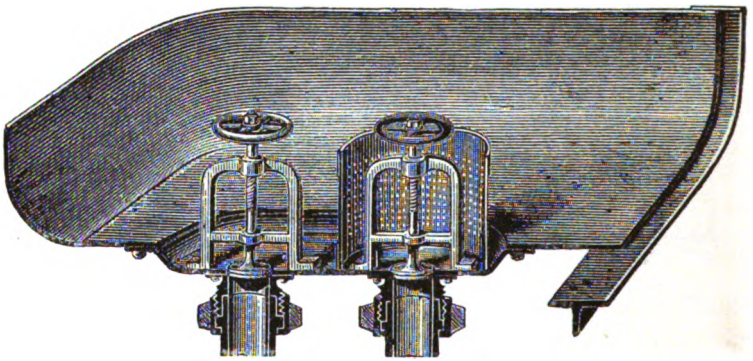
Als nächste Operation folgt nun das Kochen der geläuterten Würze mit dem Hopfen. Dies wird in der Würzepfanne vorgenommen, worauf die klare



Digitized by Google

Würze von dem in ihr schwimmenden ausgekochten Hopfen getrennt wird. Dazu dient der Hopfenseiher, ein wannenförmiges Gefäß, dessen Wände siebartig durchlöchert sind, oder welches direct aus Drahtgeflecht angefertigt wird.

Die Würzepfanne verläßt die Würze fast kochend, und es handelt sich nun darum, sie auf jene Temperatur abzukühlen, mit welcher sie zur Gährung angestellt werden soll. Diese Temperatur liegt sehr tief, sie beträgt bei obergährigen Bieren etwa 10, bei untergährigen aber nur 4 bis 5°. Das Abkühlen muß aus geschäftlichen, wie aus technischen Gründen so rasch als möglich vorgenommen werden, denn sobald ihre Temperatur unter 40° gesunken ist, sind alle Bedingungen vorhanden, die das Milchsäureferment zur günstigen Entwickelung bedarf. Unter 20° dagegen vermag das Milchsäureferment nicht mehr gut fortzukommen. In Berücksichtigung dieser Verhältnisse kann also die Würze verhältnismäßig langsam und ohne Anwendung künstlicher Mittel bis auf etwa 40° abgekühlt werden.



Stück eines Kühlschiffes sammt Ablaßventil.

Die weitere Abkühlung bis auf die Anstelltemperatur muß aber so rasch als möglich geschehen, um der Entweichung des Milchsäure- und Essigfermentes zuvorzukommen.

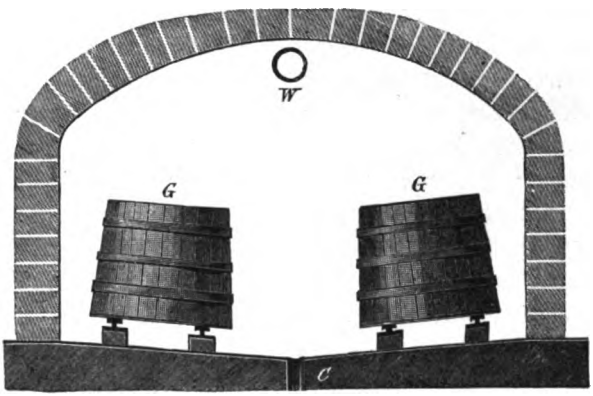
In früherer Zeit verwendete man zur Kühlung der Würze ausschließlich das Kühlschiff an, einen sehr flachen Behälter mit großer Oberfläche, in welchen die Würze gefüllt wurde. Das Kühlschiff wird in einem dem Luftzuge ausgesetzten Raum aufgestellt, um durch die über die Oberfläche der Flüssigkeit streichende Luft die Abkühlung zu beschleunigen. In neuerer Zeit verwendet man neben oder an Stelle der Kühlschiffe jedoch die mechanischen Kühlvorrichtungen, deren Einrichtung wir schon bei Besprechung der Branntweinbrennerei kennen gelernt haben.

Zur Herstellung des heute fast allgemein gebrauten untergährigen Bieres bedarf man jedoch sehr niederer Temperaturen, und um diese zu erreichen, ist die Verwendung von Eis unerläßlich. Die zu vergährende Würze muß auf 4 bis 5°, der Lagerraum für das fertige Bier sogar bis auf etwa 2° abgekühlt werden, das Eis spielt daher in der Bierbrauerei eine bedeutende Rolle.

Digitized by Google

Bevor die Maschinen zur Eis- und Kälteerzeugung jene Vollkommenheit erreicht hatten, welche sie heute besitzen, waren die Brauer ausschließlich auf das aus Flüssen und Teichen während des Winters gewonnene Eis angewiesen, das in Eishäusern aufgestapelt und aufbewahrt wurde. Jetzt sind fast alle größeren und modern eingerichteten Brauhäuser mit Kühlanlagen versehen, um von den Launen des Winters unabhängig zu sein und zu jeder Jahreszeit die nöthige niedere Temperatur zur Verfügung zu haben. Neben den Eismaschinen wird jedoch fast immer natürliches Eis verwendet, da dieses billiger zu stehen kommt als die künstlich erzeugte Kälte, und die Eismaschine dient nur dazu, in eisarmen Wintern auszuhelfen. Besonders zur Kühlung der Lagerkeller wird Eis verwendet, wenn es auch schon zahlreiche Brauereien giebt, die sich ausschließlich der Eismaschinen bedienen.

Zur Kühlung der Lagerkeller bringt man das Eis entweder in diese selbst, den Fässern gegenüber, oder man lagert es oberhalb der Fässer auf Traversen, die mit Blechrinnen versehen sind, in welche das Schmelzwasser tropft. Da die kalte, am Eise gekühlte Luft schwerer ist als die warme, so sinkt sie zwischen den Rinnen herab, und erzeugt im Lagerkeller eine gleichmäßige, tiefe Temperatur. Das Schmelzwasser wird zur Speisung der Berieselungskühler verwendet.




Schnitt durch einen Gährkeller.
G Gährkufen, C Rinne, W Wasserleitung.

Die auf die erforderliche Temperatur abgekühlte Würze wird nun in den Gährkeller gebracht, um hier vergohren zu werden. Die Gährkeller sind meist unterirdisch gelegene Räume, in denen die Gährbottiche in zwei Reihen aufgestellt sind, der Boden des Gährkellers erhält eine schwache Neigung gegen die Mitte zu, wo sich eine Rinne zur Aufnahme und Fortführung der ablaufenden Flüssigkeit befindet.

Das oberste Princip in einem Gährkeller ist die Reinlichkeit. Nur unter Einhaltung der peinlichsten Sauberkeit ist es möglich, die Entwickelung unliebsamer, das Bier schädigender Fermente zu unterdrücken. Es muß daher Wasser in genügender Menge und unter ausreichendem Drucke zur Verfügung stehen, um die Reinigung des Kellers und der Gährbottiche in sorgsamster Weise ausführen zu können.

Die Gährkufen werden gewöhnlich aus Eichenholz angefertigt, sie erhalten einen kreisrunden oder ovalen Querschnitt und sind nach oben schwach verjüngt.

Digitized by Google

In diese Gährkufen wird die gekühlte Würze fließen gelassen und mit frischer, triebkräftiger Hefe von der vorhergegangenen Gährung „angestellt".

Zunächst wird die Hefe „aufgezogen". Man mischt sie in dem „Zeugschaff" mit der dreifachen Menge Würze und gießt dann die entstandene Flüssigkeit so lange aus einem Gefäße in das andere, bis sich eine kräftige Schaumbildung zeigt. Damit bezweckt man nicht nur eine gleichmäßige Vertheilung der Hefe, sondern man bringt sie auch mit dem Luftsauerstoff in Berührung, wodurch ihre Gährkraft erhöht wird. Dann vertheilt man sie sorgfältig in der Würze, indem man sie unter gründlichem Umrühren in einem dünnen Strahle einfließen läßt.

Wenn man nun die angestellte Würze im Gährbottiche sich selbst überläßt, so beginnt sie zunächst in ihrer oberen Schicht etwas klarer zu werden, da die beigemengten Hefetheilchen sich zu Boden setzen. Nach Ablauf einiger Stunden verschwindet aber diese beginnende Klärung vollkommen und es beginnt sich rings um die Flüssigkeit ein weißer Schaumring zu bilden, der aus Kohlensäurebläschen besteht, welche sich langsam vom Boden des Gährgefäßes aus entwickeln. Dieser Schaumring wird immer breiter, so daß der in der Mitte desselben sichtbare dunkle Spiegel der Würze immer kleiner wird, er bedeckt endlich die ganze Oberfläche der Würze und beginnt sich in die Höhe zu heben.

Nach ungefähr acht bis zwölf Stunden ist die Gährung vollständig „angetreten", d. h. es giebt sich in allen Theilen der Flüssigkeit eine merkliche Kohlensäureentwickelung zu erkennen. Durch die stete Vermehrung der Hefe wird die Gährung immer energischer, was auch an der Erhöhung der Temperatur der gährenden Flüssigkeit zu erkennen ist, und nach Ablauf von ungefähr 24 Stunden nach dem Anstellen hat sie ihren Höhepunkt erreicht, den man als stürmische Gährung, Kräusengährung, Hefetrieb, Harztrieb u. s. w. bezeichnet.

Die beim Beginne der stürmischen Gährung auftretende Erscheinung ist sehr eigenthümlich. Man erkennt, daß der Schaum nun eine viel zähere Beschaffenheit besitzt als früher, indem er sich jetzt hoch über die Flüssigkeit emporzuheben beginnt. Dabei bildet er bisweilen sehr bizarr geformte kegel- und thurmförmige Massen, die, nachdem sie bis zu einer gewissen Höhe emporgetrieben wurden, wieder in die Flüssigkeit zurücksinken, oder mitunter durch Gasentwickelung in ihrem Inneren gesprengt werden.

Diese sonderbaren Gebilde werden wohl am treffendsten als „Harztrieb" bezeichnet, da sie nur sehr wenig Hefe enthalten und der Hauptsache nach aus sehr fein vertheiltem Hopfenharze bestehen. Wenn man etwas von diesem Schaume abnimmt und kostet, so findet man, daß er einen außerordentlich bitteren Geschmack besitzt, wie er dem Hopfenharze eigenthümlich ist.

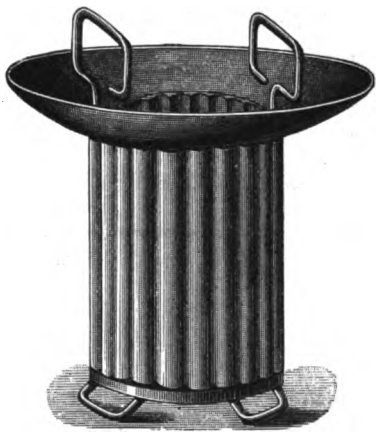
Das Hopfenharz, welches wir als wesentlichen Bestandtheil des Hopfens kennen gelernt haben, besitzt nämlich die Eigenschaft, in der zuckerhaltigen Würze löslich zu sein, in alkoholhaltigen Flüssigkeiten dagegen ist es nur mehr wenig löslich. In dem Masse also, in dem die Umwandlung des Zuckers durch die Gährung in Alkohol fortschreitet, beginnt sich das Hopfenharz abzuscheiden und

Digitized by Google

bildet, untermengt mit zahllosen Gasbläschen, die sogenannten Kräusen. In einem späteren Stadium der Gährung sinken auch die Kräusen nach und nach zu einer immer dunkler werdenden Masse zusammen und bilden endlich auf der Oberfläche der Flüssigkeit einen braunen Ueberzug.

Während der Gährung erwärmt sich die Würze. Eine höhere Temperatur derselben würde jedoch einen rascheren Verlauf der Gährung bedingen als es wünschenswerth ist, und man muß daher trachten, durch Abkühlung der gährenden Würze das Ueberschreiten einer gewissen Temperaturgrenze zu verhindern.

In den meisten Brauereien bedient man sich zu diesem Zwecke der sogenannten Eisschwimmer. Es sind dies kegelförmige oder cylindrische Gefäße mit einer Mantelfläche aus gewelltem Blech, die mit Eis gefüllt in die Gährgefäße eingesenkt werden. In Brauereien, die mit Eismaschinen versehen sind, arbeitet man der zu starken Erwärmung der gährenden Würze dadurch entgegen, daß man in das Gährgefäß einen hohlen Ring einsenkt, welcher von Eiswasser durchströmt wird. Das gleiche Princip kommt bei der Neubecker'schen Kühlanlage zur Anwendung, welche die Abbildung auf Seite 681 veranschaulicht.



Eisschwimmer.

Ist die Hauptgährung beendet und hat sich die Hefe vollständig am Boden der Gährbottiche abgesetzt, so wird das fertige Bier nach dem Lagerkeller „geschlaucht". Hier macht es, in die Lagerfässer gefüllt, die langsam verlaufende Nachgährung durch, während welcher es sich mit Kohlensäure sättigt und auch den größten Theil der noch in der Flüssigkeit schwebenden Hefe absetzt.

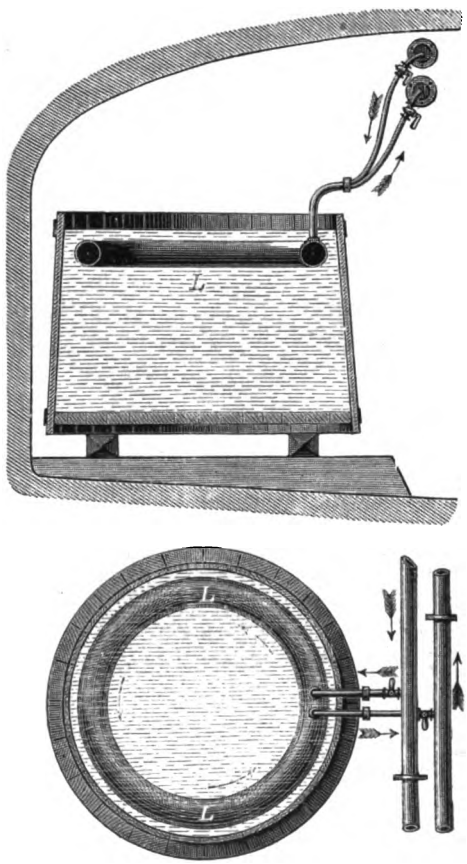
Die Temperatur in den Lagerkellern wird nahe an Null gehalten, und um dies mit einem nach Möglichkeit geringen Aufwande an Eis erreichen zu können, wählt man als Lagerkeller Räume, die durch ihre Lage schon gegen Temperaturschwankungen geschützt sind.

Das Holz der Lagerfässer — zu ihrer Herstellung wird bestes Eichenholz benützt — enthält zahlreiche Stoffe, die mit der Zeit vom Biere aufgelöst würden. Dadurch bekäme es aber einen unangenehmen Geschmack, auch würde es bis zu einer gewissen Tiefe in das Faßholz eindringen. Stehen dann solche Fässer einige Zeit leer, so geht das in die Faßwandung eingedrungene Bier in Zersetzung über und diese würde sich auch auf frisches Bier übertragen.

Man überzieht daher die Fässer im Inneren mit einem indifferenten Stoffe, der die Berührung des Bieres mit der Faßwandung verhindert. In früherer Zeit verwendete man zu diesem Zwecke ausschließlich Pech, jetzt benützt man an Stelle des Peches vielfach auch Paraffin, ein Verfahren, welches besonders für Lagerfässer geeignet ist.

Digitized by Google

Um die Fässer zu „pichen", werden sie im Inneren mit einem guten Harzlacke, einer Lösung von Harz in Alkohol, ausgestrichen, worauf man das Harz zum Schmelzen bringt und in das Holz einbrennt. An Stelle der weitaus leichter zu handhabenden Lösung von Harz in Alkohol verwendete man früher — und vielfach auch heute noch — direct geschmolzenes Pech, mit welchem die Fässer ausgeschwenkt werden. Zu diesem Zwecke wird ein Boden des Fasses ausgehoben, sein Inneres durch Strohfeuer erhitzt und nun geschmolzenes Pech eingegossen, das in einem Kessel sehr stark erhitzt wird. Durch Berühren mit einer glühenden Eisenstange wird das im Fasse enthaltene Pech entzündet und der Faßboden derart an das Faß gedrückt, daß das Pech eben noch fortzubrennen vermag. Durch diesen nicht ganz gefahrlosen Vorgang bezweckt man, das Pech so dünnflüssig als möglich zu machen. Sobald dieser Zweck erreicht ist, wird der Faßboden eingesetzt — das brennende Pech muß in Folge des Luftmangels sehr bald erlöschen — und das Faß so lange gerollt, bis man annehmen kann, daß der an den Wandungen haftende Pechüberzug vollständig erstarrt ist.



Ringförmige Kühlvorrichtung, Durchschnitt und Draufsicht. L ringförmiges Kühlrohr.

Man hat aber auch zahlreiche Vorrichtungen construirt, die sowohl das Pichen großer, wie auch kleiner Fässer ermöglichen, ohne den Faßboden auszuheben. Das Princip dieser Pichmaschinen besteht darin, daß man einen Luftstrom erzeugt, dessen Temperatur hoch genug ist, um das Pech zum Schmelzen zu bringen, dieser Luftstrom wird in das Faß geleitet, in das man vorher Pech gebracht hat.

Das Pichen mit der Pichmaschine muß immer unter Anwendung gewisser Vorsichtsmaßregeln ausgeführt werden, da durch unvorsichtige Hantirung sehr leicht die Arbeiter in Gefahr kommen können. Ist nämlich der Luftstrom, welchen die Pichmaschine liefert, zu heiß, so wird das Pech unter Bildung flüchtiger und gasförmiger Producte zersetzt. Diese Gase bilden aber im Gemenge mit Luft Gemische, die ungemein heftig explodiren. Es sind wiederholt Fälle vorgekommen,

Digitized by Google

**Gährkeller.**
(Aus dem bürgerl. Bräuhause in Pilsen.)

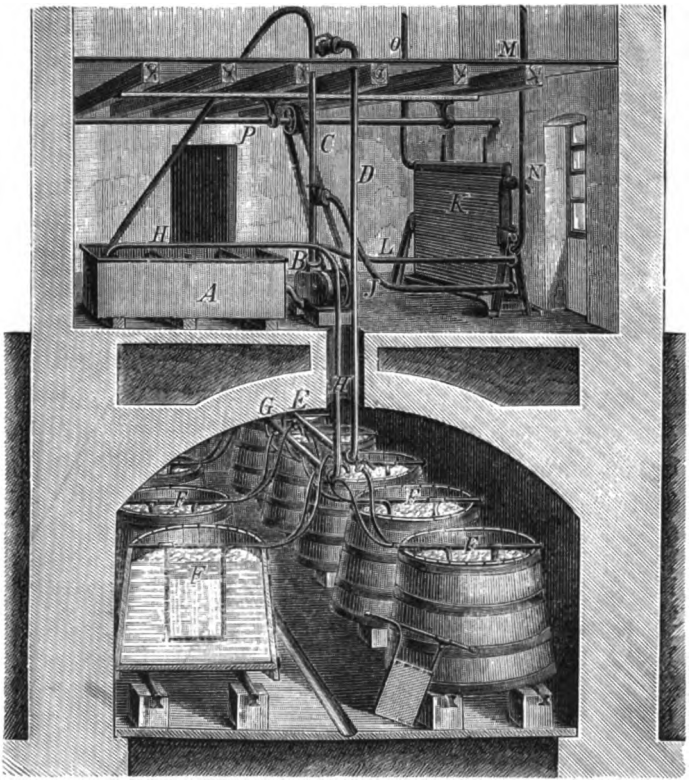
Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

Digitized by Google

daß Fässer während des Pichens unter einem heftigen Knall mit solcher Gewalt in Stücke zerrissen, daß durch die herumfliegenden Trümmer Arbeiter verletzt, ja sogar getödtet wurden.

Die Lagerfässer, wie jene Fässer, in denen das Bier transportirt werden soll, müssen stets gründlich gereinigt werden. Man erreicht dies, indem man in die




Neubecker'sche Kuhlanlage.

A Eiswasserbehälter, B Pumpe, C Steigrohr, D Abzweigung nach dem Gährkeller, E Zufluß des Eiswassers in den Gährkeller, F Gährbottichkühler, G Ableitung des Kühlwassers, H Rückleitung nach dem Eiskasten, J Abzweigung von C nach dem Würzekühler K, L Rückleitung des Kühlwassers von K, M und N Zu- und Abfluß von gewöhnlichem Wasser, O Würzezufluß, P Transmissionswelle für den Antrieb der Pumpe B.

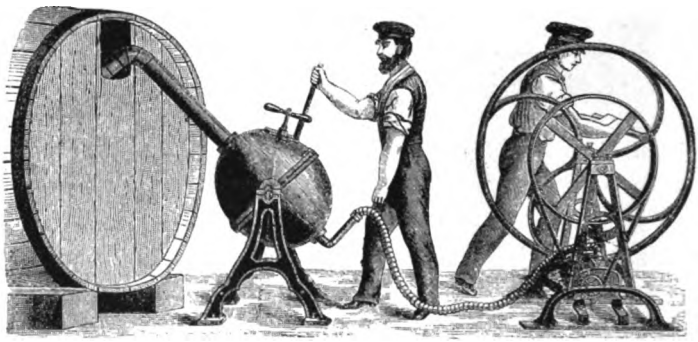
Fässer Wasser bringt und sie auf einer ebenen Fläche rollt, es wurden aber auch Faßreinigungsmaschinen construirt, bei welchen das Ausspülen der Fässer durch einen unter starkem Drucke stehenden, zerstäubten Wasserstrahl, den man durch das Spundloch in das Innere des Fasses leitet, besorgt wird.

Läßt man im Lagerkeller die Fässer offen stehen, so wird nur eine geringe Menge Kohlensäure gelöst, ebenso viel als der herrschenden Temperatur und dem Luftdrucke entspricht. Die sich während der Nachgährung entwickelnde Kohlensäure

Digitized by Google

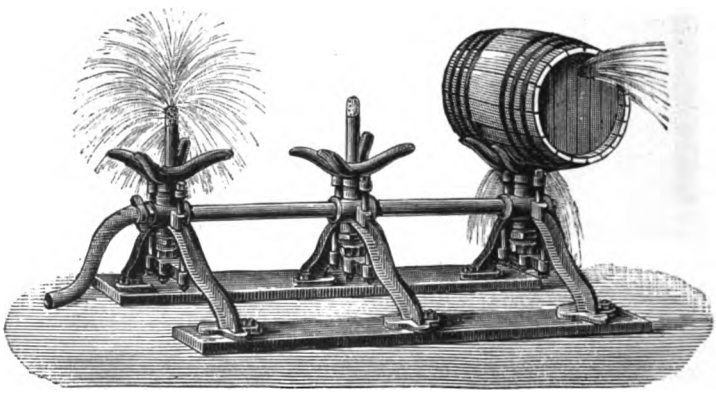
entweicht dann und man würde nie das dem Geschmacke der Consumenten entsprechende kohlensäurereiche, beim Ausschanke schäumende und erfrischende Getränk erhalten.

Um nun dem Biere diese Eigenschaften zu verleihen, wendet man einige Tage, bevor das Bier zum Ausstoße gelangt, einen Kunstgriff an, den man als das



Pichmaschine.

„Spunden" des Bieres bezeichnete, da man früher das Entweichen der Kohlensäure ausschließlich durch festes Eintreiben des Spundes in das Spundloch des Fasses verhinderte. Jetzt wendet man zu diesem Zwecke vielfach auch die sogenannten Gährspunde an, welche mit einem beliebig zu belastenden Ventile versehen sind und bei einem im Fasse herrschenden Ueberdrucke der überschüssigen Kohlensäure das Entweichen ermöglichen. Ist das Bier endlich consumreif, was nach einer etwa dreimonatlichen Lagerzeit im Lagerkeller der Fall ist, so wird es in die Transportfässer abgefüllt.



Faßreinigungsmaschine.

Dies sind die allgemeinen Grundzüge der Bierbrauerei. Eine bestimmte Norm für ihre Durchführung giebt es nicht, vielmehr bestehen ebenso viele Brau-

Digitized by Google

methoden, als Biersorten erzeugt und getrunken werden. Der verschiedene Charakter der Biere kommt eben dadurch zu Stande, daß der Brauproceß, worunter wir alle Einzeloperationen verstehen, in verschiedener Weise durchgeführt wird. Es ist einleuchtend, daß man nicht nach dem gleichen Verfahren ein dunkles bayerisches oder ein helles, weinähnliches Pilsenerbier erzeugen kann. Die Unterschiede beginnen schon bei der Bereitung des Malzes und beim Darren; je nachdem man bei höherer oder niederer Temperatur maischt, erhält man zuckerreichere, beziehungsweise zuckerärmere Würzen, die nach der Vergährung ein alkoholreicheres oder alkoholärmeres Bier liefern. Je nach der Behandlung, die es dann im Lagerkeller erfährt, nach der Durchführung der Gährung u. s. f. erhält es den seiner Sorte eigenthümlichen Geschmack und Charakter.

Bedeutenden Einfluß auf die Eigenschaften und besonders auf den Geschmack des Bieres nimmt aber auch der Zusatz des Hopfens. Er verleiht dem Biere den angenehmen, schwach bitteren und kräftigen Geschmack, der besonders den Bieren nach Pilsener Art zu besonderem Ansehen verholfen hat.

Mitunter hört man jedoch die Ansicht aussprechen, der bittere Geschmack mancher Biere werde nicht, oder doch nicht ausschließlich durch Hopfen erzielt, sondern man setze dem Biere absichtlich andere Bitterstoffe zu, welche direct schädlich sind. Nun ist es wohl richtig, daß manche Brauereien — die festländischen zählen aber nicht darunter — die Würze mit geringen Mengen Aloe oder Quassia kochen, zwei Stoffen, die einen intensiv bitteren Geschmack besitzen, in den geringen Mengen aber, in welchen sie im Biere genossen werden können, vollkommen unschädlich und harmlos sind. Wenn aber manchmal behauptet wird, es werde — Strychnin, beziehungsweise die Frucht der Strychnos nux vomica, die sogenannten „Krähenaugen" an Stelle des Hopfens verwendet, so ist dies entweder eine nur durch vollständige Unkenntnis entschuldbare Aeußerung oder eine böswillige Verleumdung. Es fällt nicht schwer, Strychnin im Biere nachzuweisen und die Gesetze würden einem Brauer übel mitspielen, der sich solcher Mittel bedienen würde.

Die Mär von vergiftetem Biere wird aber fast nur von Leuten aufgebracht, die gewohnt sind, allabendlich große Mengen des edlen Gerstensaftes zu vertilgen. Erwachen sie dann des Morgens mit wüstem Kopfe, so ist nicht ihre Unmäßigkeit die Schuld, sondern der böse Brauer, der das Bier mit Strychnin — vergiftet hat. Die wahre Ursache ist aber in dem übermäßigen Biergenusse, in der dadurch hervorgerufenen Magenverstimmung und in dem stundenlangen Aufenthalte in der rauchigen, kohlensäuregeschwängerten Atmosphäre der Kneipe zu suchen.

Digitized by Google

## Die Weinbereitung.

Wohl keine zweite Pflanze hat sich einer solchen Verherrlichung durch die Dichter aller Länder und Zungen zu erfreuen, wie Vitis vinifera, der Weinstock. Und wohl dies Recht. Liefert uns die Rebe doch das edelste Getränk, den Wein, das in seinem Geruche lieblich ist wie die zarteste Blume und in seiner Wirkung durch nichts übertroffen wird.

„Für Sorgen sorgt das liebe Leben —
Und Sorgenbrecher sind die Reben"

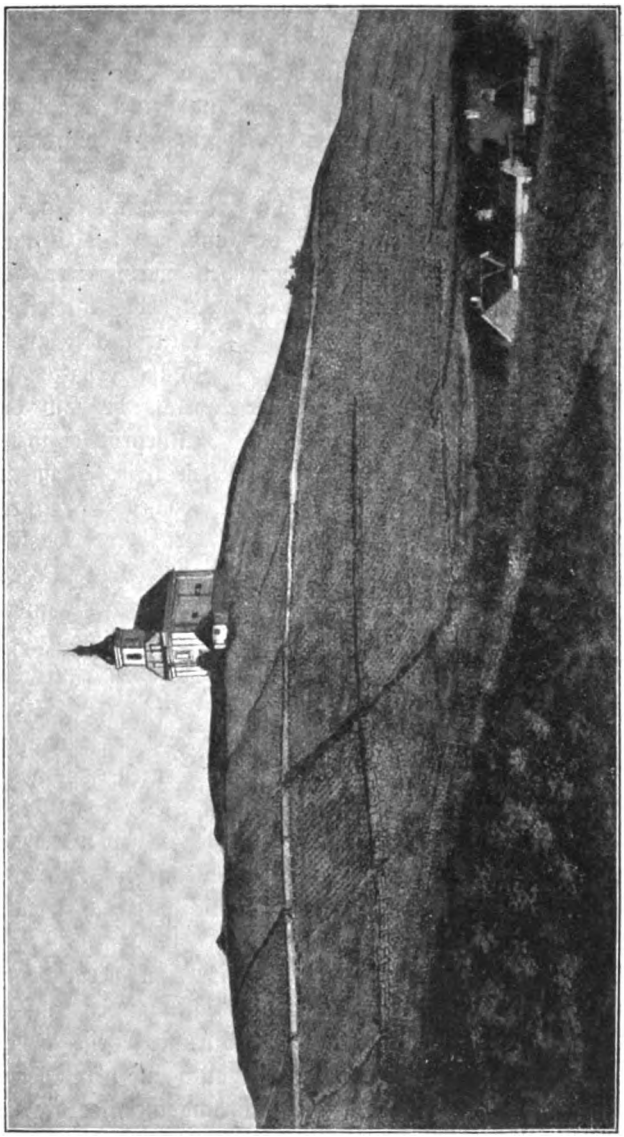
sagt Rückert, doch hat er mit diesem schönen Spruche die Bedeutung des Weines nicht ganz erschöpft. Nicht nur als Sorgenbrecher wollen und sollen wir den Wein betrachten, sondern auch als jenes Getränk, zu dem wir in heiteren Augenblicken greifen, um uns an seinen herrlichen Eigenschaften zu erfreuen und frohe Stunden erst recht zu genießen. Wohl ist es wahr: der Wein ist ein Genußmittel, ein Getränk, das im Grunde genommen, höchst überflüssig ist. Ebenso zwecklos und überflüssig wäre aber — durch die gleiche schwarze Brille betrachtet — jedes Kunstwerk, jeder Gegenstand, den wir nicht zur unmittelbaren Befriedigung eines rein thierischen Bedürfnisses benöthigen. Der wahre Philosoph faßt aber das Leben mit allem, was es uns auch beschert, von der heiteren Seite auf und trachtet, es so angenehm als möglich zu gestalten. Ein Mittel hierzu ist der Wein — ergo bibamus. — —

Die Kunst Bier zu brauen, reicht bis in das fernste Alterthum zurück. Wohl noch älter ist aber die Kunst der Weinbereitung in jenen Ländern, in welchen wir die Heimat des Weinstockes zu suchen haben. Ueberall dort, wo man den Wein und seine Eigenschaften kannte, ward er hoch gepriesen und den Göttern zugeschrieben. Bei den Aegyptern galt Osiris als Spender der Rebe und die Griechen, die durchaus keine Weinverächter waren, hielten den Berg Nysa in Indien für die Heimat der Rebe. Auf dem Berge Nysa aber wurde Dionysos oder Bacchos geboren.

Als kleiner Knabe unternahm Dionysos — so berichtet die Sage — eine Wanderung, und von dem weiten Wege ermüdet setzte er sich auf einen Stein, um auszuruhen. Da sah er zu seinen Füßen dem harten, steinigen Boden ein Pflänzchen entsprießen, das ihm wohlgefiel, und er faßte den Entschluß, es mitzunehmen und zu pflegen. Sorgsam hob er es aus, und schickte sich an, es nach Hause zu tragen. Die Sonne sandte jedoch unbarmherzig ihre Pfeile zur Erde herab, und Dionysos fürchtete, das zarte Pflänzchen möchte verdorren, bevor es an einem sicheren Orte geborgen ist. Er las deshalb einen Vogelknochen auf, der am Wege lag, und in diesen that er das Pflänzchen, um es vor den Sonnenstrahlen zu schützen. In seinen gesegneten Händen wuchs und gedieh die zarte Pflanze jedoch zusehends, und kaum war er eine Weile gewandert, so sahen aus dem Vogelknochen unten die Würzelchen, oben die grünen Blätter

Digitized by Google

hervor. Wieder mußte er auf den Schutz der Pflanze bedacht sein, da fand er den Schenkelknochen eines Löwen, und in diesen senkte er das Pflänzchen sammt dem Vogelknochen ein. Aber auch der neue Behälter war bald zu klein, und nun



Weingärten der gräfl. Reichenbach-Lessonitz'schen Champagnerfabrik zu Bisenz (Mähren).

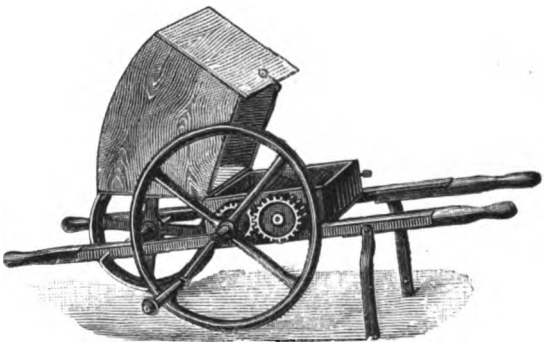
verbarg er die Pflanze in dem Knochen eines Esels, den Dionysos auf seinem Wege fand.

Endlich kam er zu Hause an. Als er aber das Pflänzchen wieder der Erde übergeben wollte, fand er, daß die Wurzeln den Knochen des Vogels, des Löwen

Digitized by Google

und des Esels fest umschlungen hatten, und ohne sie zu beschädigen nicht herauszunehmen waren. Kurz entschlossen, pflanzte er es ein, wie es war — die Pflanze gedieh prächtig zu seiner Freude und trug bald die ersten Trauben, aus denen Dionysos Wein bereitete und den Menschen zu trinken gab. Aber welches Wunder sah er nun? Die Menschen, die davon tranken, begannen zunächst zu singen wie die Vögelchen in den Wipfeln der Bäume. Dann wurden sie, als sie mehr tranken, stark und muthig wie die Löwen, und jene, die noch nicht genug hatten, mußten es büßen, denn sie wurden stumpf und — doch hier schweigt des Sängers Höflichkeit.

Heute wird soviel von „echtem" und von „Naturwein" gesprochen, daß man vielleicht mit einigem Erstaunen in diesem der angewandten Chemie gewidmeten Buche einen Abschnitt über Weinbereitung finden wird. Der Wein ist zwar ein Getränke, das normalerweise nur aus Stoffen bereitet wird, welche die Natur bietet, und welches keine Zusätze erhält, doch wäre es falsch, deshalb den Wein als Naturproduct anzusprechen. Der Wein ist vielmehr ein ausgesprochenes Kunstproduct, das nur durch eine regelrechte Behandlung, durch Pflege und Schulung jene Eigenschaften erhält, die wir an ihm zu schätzen wissen. Die Weinkenner und Liebhaber eines guten Tropfens würden böse Mienen machen, wollte man ihnen einen wahren und wirklichen „Naturwein" credenzen, dadurch bereitet, daß man den Saft der Trauben sich selbst überläßt. Wie ein Krankenhaus der Sammelpunkt aller möglichen Leiden und Gebreste ist, so wäre auch ein solcher „Naturwein" eine Musterkarte aller erdenklichen Weinfehler und Weinkrankheiten, und man müßte noch von einem günstigen Zufalle sprechen, wenn solcher Wein als — Essig Verwendung finden könnte.



Traubenmühle.

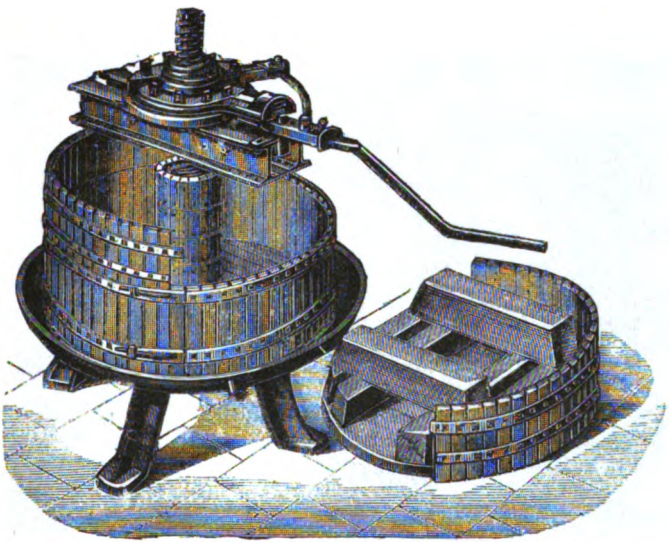
Alle diese möglichen Fehler und Krankheiten zu vermeiden, durch sachgemäße und sorgsame Schulung aus dem Moste einen guten flaschenreifen Wein zu machen, ist die Aufgabe des Winzers. In gleicher Weise aber, wie in der Spiritusfabrikation und in der Bierbrauerei hat auch auf dem Gebiete der Weinbereitung der Chemiker und besonders der Gährungschemiker die Wege gewiesen, den jungen Wein glücklich durch alle ihm drohenden Gefahren zu steuern und zur gedeihlichen Vollendung zu bringen. Und in welcher Weise dies zu geschehen hat, wollen wir jetzt kennen lernen.

Sobald die Blüthezeit des Weinstockes vorbei ist, beginnen sich die Trauben zu entwickeln. Zunächst hart und sauer, werden sie mit fortschreitender Reife weich

Digitized by Google

und wasserreich, in dem Safte der Beere speichert die Rebe aber Zucker auf, den sie in den grünen Blättern erzeugte. Der Zucker ist aber nicht Rohrzucker, sondern ein Gemenge gleicher Theile Traubenzucker und Fruchtzucker, das wir als Spaltungsproduct des Rohzuckers, als sogenannten „Invertzucker", kennen gelernt haben.

Die Zuckermenge, die in den Traubenbeeren aufgespeichert wird, ist großen Schwankungen unterworfen, und außer von der Sorte, besonders vom Klima und der Witterung abhängig. Die süßesten Trauben und die schwersten, alkoholreichsten Weine treffen wir im Süden an, je weiter wir nach Norden fortschreiten, desto zuckerärmer wird die Traube, desto geringer ist der Ertrag der



Hebelpresse mit Doppelhebel-Preßwerk.

Rebe, desto unsicherer wird die Ernte, bis wir endlich jene Grenze erreichen, über welche hinaus der Weinstock entweder nicht mehr zu gedeihen vermag, oder doch keine Traube mehr reift. Im Allgemeinen schwankt der Zuckergehalt zwischen 12 und 24%.

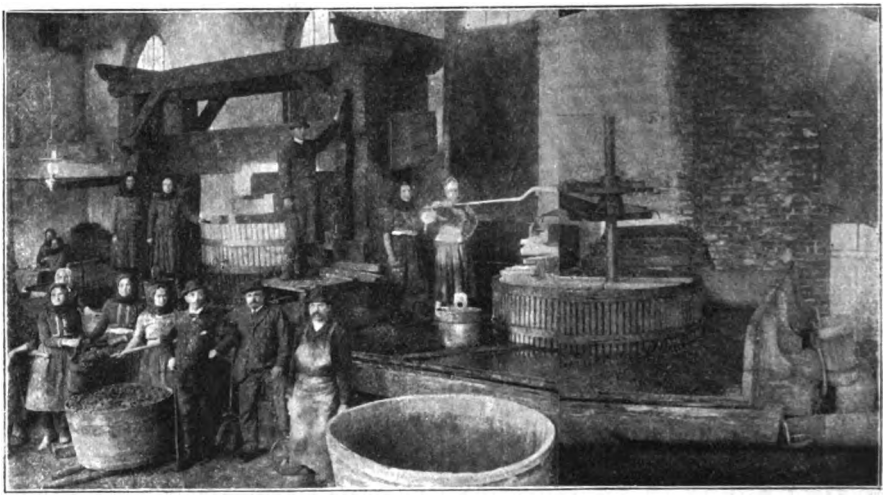
Außer Zucker enthält der Saft der Traube aber noch zahlreiche andere Stoffe, die sich hervorragend an der Beschaffenheit des künftigen Weines betheiligen. Zunächst müssen wir die organischen Säuren nennen, deren wichtigste die Weinsäure ist, die theils im freien Zustande, theils in Verbindung mit Kalium, als saures weinsaures Kalium oder Weinstein enthalten ist. Ferner enthält der Saft Eiweißkörper und Mineralstoffe (Asche), die Hauptmenge besteht aber aus Wasser.

Auch die Schalen, die Hüllen der Beeren enthalten für die Weinbereitung wichtige Stoffe. So finden wir hier, wie auch in den Traubenkernen und den

Digitized by Google

Kämmen den herbe und zusammenziehend schmeckenden Gerbstoff und bei den blauen Trauben den Farbstoff. Dieser ist also nicht im Safte gelöst, nur eine Traubensorte, die Färbertraube, macht hierin eine Ausnahme, indem sie auch einen gefärbten Saft besitzt. Man kann daher aus den gewöhnlichen blauen Trauben bei vorsichtiger Gewinnung einen fast weißen Wein herstellen; um Rothwein zu erhalten, muß man den Saft mit den Schalen gähren lassen. Durch die Säuren, sowie durch den bei der Gährung entstehenden Alkohol geht dann der Farbstoff nach und nach in Lösung, gleichzeitig aber auch andere Stoffe, welche zum Theile dem Rothwein den charakteristischen Geschmack ertheilen.

Ist die Zeit der Traubenreife gekommen, so werden die geernteten Trauben nach dem Preßhause gebracht, und hier zunächst zerquetscht. In minder civilisirten



Aus dem Preßhause der Bisenzer Champagnerkellerei.

Gegenden geschieht dies noch heute durch Austreten mit den Füßen, sonst bedient man sich eines hölzernen Stampfwerkzeuges oder aber einer Traubenmühle, zwischen deren mit stumpfen Zähnen besetzten Walzen die Trauben passiren müssen. Es hat dies den Vortheil, daß die gerbstoffreichen Kämme und Kerne nur wenig verletzt werden. Die Trennung der Kämme von der Maische erreicht man dann mit Hilfe eines weitmaschigen Siebes, durch welches man die Maische gießt und auf dem die Kämme zurückbleiben.

Nun gelangt die Maische in die Presse, um den in ihr enthaltenen Saft zu gewinnen. Die Pressen, deren man sich an den verschiedenen Orten zu diesem Zwecke bedient, zeichnen sich durch die größte Verschiedenheit ihrer Construction aus. Von der einfachen, primitiven Baumpresse angefangen bis zur modernen, elegant und sauber gearbeiteten Spindelpresse können wir alle möglichen Zwischen-

Digitized by Google

stadien ihrer Entwickelung und Verbesserung verfolgen, und ebenso verschieden wie ihre Einrichtung ist auch der erzielte Effect. Oft legt man jedoch nur geringen Werth darauf, den Saft so vollständig als möglich zu gewinnen, sondern man preßt die Maische absichtlich bloß bis zu einem gewissen Grade aus, um durch nochmaliges Pressen der mit Wasser verrührten Trester eine größere Menge einer zur Bereitung einer geringeren Weinsorte geeigneten Flüssigkeit, des sogenannten „Nachweines“ oder „Tresterweines“, zu gewinnen.

Handelt es sich um Bereitung von Rothwein, so wird die Maische zunächst gähren gelassen und dann ausgepreßt, da der in den Bälgen enthaltene Farbstoff sich erst in der alkoholhaltigen Flüssigkeit löst.

Aus dem Preßhause der Bisenzer Champagnerkellerei.

Ueberläßt man den Most, dessen Bereitung wir nun kennen, sich selbst, so geräth er bald in Gährung. Die Ursache derselben ist ebenfalls eine Hefe, und zwar die gewöhnliche Weinhefe, Saccharomyces ellipsoideus, die an jeder Traube haftet und dadurch in die Maische gelangt. Durch die Gährung wird aber nicht allein der Zucker in Alkohol verwandelt, sondern es entstehen auch riechende und schmeckende Stoffe, die dem Weine den seiner Sorte eigenthümlichen Charakter verleihen. Auch die Temperatur ist von großem Einflusse auf den Verlauf der Gährung, die in 10 bis 14 Tagen beendet ist.

Wie das Bier, so macht auch der Wein eine Nachgährung durch, die ganz langsam verläuft. Die Hefe scheidet sich dabei aus, desgleichen Weinsäure in Form von Weinstein, wodurch der Geschmack milder wird.

Ist endlich auch die Nachgährung beendet, so wird der Jungwein vom „Geläger“ abgezogen und in Lagerfäßer gefüllt, die stets verschlossen und spund-



Digitized by Google

voll gehalten werden müssen. Im Fasse erleidet der Wein aber noch fortwährend vortheilhafte Veränderungen, er reift.

Die Reifung ist im Wesentlichen auf Oxydationsvorgänge zurückzuführen, welche durch den Sauerstoff der Luft bewirkt werden. Wenn durch das Holz des Fasses auch keine Flüssigkeit nach außen gelangen kann, so dringt durch die Poren doch Sauerstoff ein und kommt mit dem Weine in Berührung. Er bewirkt das Unlöslichwerden von Eiweißkörpern, es scheidet sich Gerbstoff und Weinstein aus, und endlich bilden sich jene unendlich zarten Riechstoffe, die dem Weine die liebliche „Blume", das Bouquet, verleihen. Außerdem verdunstet auch Alkohol, der Wein „schwindet" im Fasse, und um Erkrankungen des werdenden Weines zu vermeiden, müssen die Fässer stets spundvoll gehalten werden.

Da der Sauerstoff der Luft einen wesentlichen Factor bei der Reifung des Weines spielt, so muß durch Zufuhr in größeren Mengen diese beschleunigt werden können. Thatsächlich wendet man auch in der Kellerwirthschaft einen dies bezweckenden Vorgang an; man füllt nämlich den Wein öfters von einem Fasse in das andere um, wobei er mit Luft, beziehungsweise Sauerstoff gemischt wird. Außer anderen Veränderungen bewirkt das Umfüllen aber auch eine Abscheidung der noch gelösten Eiweißkörper, die in Form einer stärkeren oder schwächeren Trübung im Weine lange Zeit schweben bleiben. Um sie jedoch rasch zu entfernen, wendet man die sogenannten „Schönungsmittel" an.

Manche Körper haben nämlich die Eigenschaft, mit der Gerbsäure, dem besonders in den durch den Stich einer Wespenart erzeugten Galläpfeln in reichlicher Menge vorkommendem herben Stoffe, unlösliche Verbindungen zu bilden. Solche Stoffe sind Gelatine, Hausenblase und Eiweiß. Bringt man also Gelatine, die nichts anderes ist als reiner Leim, nachdem sie in Wein gequollen wurde, mit dem zu schönenden Weine zusammen, so entzieht sie dem Weine Gerbstoff und wird unlöslich. Gleichzeitig umhüllt sie aber auch die im Weine schwebenden, trübenden Bestandtheile, sinkt zu Boden, und zieht diese mit sich. An Stelle der Gelatine kann man auch Hausenblase oder Hühnereiweiß verwenden. Die Schönung ist also ein rein mechanischer Vorgang, durch welchen der Wein aber auch im Geschmacke verbessert wird, da er Gerbstoff verliert.

Ist der Wein endlich ausgereift — was sich dadurch kennzeichnet, daß sein Geruch und Geschmack voll entwickelt ist und das Abziehen verträgt, ohne neuerdings trübe zu werden — so wird er in Flaschen abgefüllt. In der Flasche erfährt er, einen gut schließenden Kork vorausgesetzt, keine Veränderungen mehr, wenigstens keine solchen, welche rasch verlaufen, da nun der Luftsauerstoff nicht mehr zutreten kann. Dagegen verliert er im Laufe der Jahre doch an Charakter und wahrscheinlich ist dies auf die Thätigkeit von Mikroorganismen zurückzuführen. Wein, der zu lange in der Flasche gelegen hat, überhaupt zu alt ist, schmeckt trocken und unangenehm, und am Rhein bezeichnet man solchen Wein ganz treffend als „Knochen".

Ueberhaupt ist der angebliche Wohlgeschmack sehr alter hundertjähriger Weine mehr oder weniger eine Fabel. Der Geruch solcher Weine ist ja oft

Digitized by Google

geradezu unvergleichlich, der Geschmack ist aber in der Mehrzahl der Fälle derart, daß man nach keiner zweiten Kostprobe verlangt.

Kein zweites Genußmittel ist so zahlreichen Gefahren und Krankheiten unterworfen wie der Wein. Während man diesen Krankheiten früher aber ganz rathlos gegenüber stand, hat auch hier die Gährungschemie manchen nützlichen Weg zeigen können, um sie zu verhindern oder um mitunter noch zu retten, was zu retten ist. Man hat nämlich gefunden, daß die allermeisten Erkrankungen des Weines auf die Entwicklung von Mikroorganismen zurückzuführen sind. Besonders sind es Bakterien, welche direct als Feinde des Weines angesehen werden müssen, und mit dieser Erkenntnis war schon ein bedeutender Schritt nach vorwärts gethan.

So bewirkt der Essigpilz, welcher Alkohol in Essigsäure überführt, die Bildung von Essigsäure im Weine und das Sauerwerden desselben. Essigstichiger Wein ist nicht mehr zu retten, es bleibt nichts anderes über, als ihn wegzutrinken, so lange das Uebel noch klein ist, sonst muß er zu Essig verarbeitet werden. Auch das Umschlagen, das Bitterwerden, das Zäh- und Langwerden, sowie das „Böckser" und „Mäuseln" des Weines werden ebenfalls durch Bakterien bedingt und sind daher übertragbar. Mischt man nämlich einen kranken Wein mit einem gesunden, so kann man sicher sein, auch hier in kurzer Zeit die gleiche Krankheit sich entwickeln zu sehen.

Wenn es auch nur selten gelingt, einen erkrankten Wein zu retten, so giebt es doch ein Mittel, um der Erkrankung nach Möglichkeit vorzubeugen, es heißt Reinlichkeit. Wird der Wein stets nur in reine, gut ausgeschwefelte Fässer abgezogen — die schweflige Säure ist, wie wir wissen, in hohem Grade bakterienfeindlich und hat sich, trotz zahlreicher anderer Vorschläge immer noch in der Kellerwirthschaft am besten bewährt — werden die Fässer stets spundvoll gehalten und lagert man den Wein in keinem zu warmen Raume ein, duldet man endlich nicht, wie es leider in manchen Kellern geschieht, die Entwickelung üppiger Schimmelrasen an den Fässern und den Wänden des Kellers — denn diese sind nur das sichtbare Zeichen der dem freien Auge unsichtbaren Anwesenheit von Milliarden Bakterien — so wird eine Erkrankung des Weines wohl nur in seltenen Fällen vorkommen.

Einen weiteren Fortschritt auf dem Gebiete der Weinbereitung bildete ferner die Verwendung von Reinhefen zur Einleitung der Gährung. Wird der Most der Selbstgährung überlassen, so entwickelt sich wohl immer die Weinhefe, neben ihr aber noch zahlreiche andere „wilde" Hefen, ferner ist es nicht zu vermeiden, daß auch andere Organismen in den gährenden Most gelangen. Man hat nun durch besondere Verfahren den Hefepilz gezüchtet und von allen anderen fremden Organismen getrennt. Diese Reinhefe wird unter Einhaltung günstiger Bedingungen fortgezüchtet, und zwar in Apparaten, deren Construction eine Infection, das Hineingelangen anderer Organismen, verhindert. Diese Reinzuchthefe wird dann an die Weinproducenten abgegeben.



Digitized by Google

Wird dann die Maische mit solcher kräftiger und reiner Hefe angestellt, so wird sich vorzugsweise diese Hefe entwickeln und andere Organismen unterdrücken, so daß die Gährung viel reiner verläuft als sonst.

Dabei hat man aber noch eine andere, hochinteressante Wahrnehmung gemacht. Bekanntlich zeichnen sich die Weine der einzelnen Weinbaugebiete durch ganz besondere Eigenschaften, durch charakteristischen Geschmack und Geruch aus. Jeder Weinkenner wird einen aus derselben Traubensorte, beispielsweise am Rhein bereiteten Wein sofort von einem in Gumpoldskirchen gekelterten unterscheiden, obwohl, wie gesagt, beide Weine aus der gleichen Traubensorte erzeugt wurden. Vergährt man aber nun Gumpoldskirchner Rieslingmaische mit Reinhefe, welche am Rhein von Rieslingtrauben gewonnen wurde, so wird nun der Gumpoldskirchner Riesling in mancher Beziehung die Eigenschaften des vom Rhein stammenden Rieslings zeigen. Es geht daraus hervor, daß nicht bloß die Sorte, das Klima und die Kellerbehandlung bestimmend auf den Charakter des Weines sind, sondern daß an seinem Werden auch die Hefe einen bedeutenden Antheil nimmt, ja man muß daraus den Schluß ziehen, daß jedem Weinbaugebiete und jedem Weine eine besondere Hefeart entspricht, welche sich, dank der enormen Vermehrungsfähigkeit der Hefe, an Ort und Stelle erhält und weiter züchtet. Die Versuche, die man in dieser Hinsicht angestellt hat, befinden sich heute allerdings noch im Anfangsstadium und es ist vorläufig noch nicht abzusehen, wohin die allgemeine Verwendung von Reinzuchthefen führen und ob sie sich allgemein einbürgern wird. So viel steht aber fest, daß mit Reinhefen vergohrene Weine schneller reifen und haltbarer sind wie solche, die mit der autochtonen Hefe vergohren wurden.

Dies sind die allgemeinen Umrisse der Weinbereitung. Wie wir aber schon erwähnten, ist der Wein durchaus kein Naturproduct, sondern ein Kunstproduct, da ihm eben erst durch die Kellerbehandlung, durch die „Schulung" der wahre, seiner Sorte entsprechende Charakter gegeben wird.

Bekanntlich haben sich im Laufe der Zeit gewisse Weinsorten, sogenannte Marken herausgebildet und der Kreis der Consumenten ist gewohnt, Jahr für Jahr die gleiche Sorte zu trinken. Unter der Bezeichnung „Vöslauer" versteht der Consument eine ganz besondere Weintype, ebenso unter dem Begriffe „Bordeaux" oder „Rußter" und diese will er stets in gleicher Güte auf seinem Tische sehen. Nun ist aber, wie wir wissen, das Klima im höchsten Grade für den Ausfall des Jahrganges ausschlaggebend und bekanntlich erfreuen sich einzelne Jahrgänge ganz besonders freundlichen und wohlwollenden Andenkens, während man von anderen dies wieder nicht behaupten kann. Dem Weinproducenten erweist aber die Witterung nur äußerst selten den Dienst, durch eine Reihe von Jahren stets Trauben mit dem gleichen Zuckergehalte und den gleichen sonstigen Eigenschaften zu zeitigen — trotzdem muß er, um dem Geschmacke des Consumenten und dem Interesse seines Geschäftes gerecht zu werden, Jahr für Jahr die gleiche Sorte zu Markte bringen.

Digitized by Google

Um dies nun zu ermöglichen, muß zu einem, selbstverständlich erlaubten und harmlosen Mittel, zum „Verschneiden" gegriffen werden. Dieser Vorgang besteht darin, daß durch Mischen verschiedener Weinsorten, beziehungsweise durch Zusatz anderer Weine zu dem an Ort und Stelle bereiteten diesem der gewünschte Charakter ertheilt wird. Es ist das Verschneiden, die richtige Wahl zusammenpassender Sorten, überhaupt die Herstellung der Marken eine Kunst, die nur durch jahrelange Uebung erlernt werden kann und selbst dann nur, wenn von Natur aus die erforderliche Anlage und Begabung vorhanden ist. Edle Weine werden aber selbstverständlich nie verschnitten und kommen unverändert in den Handel, wo dann einzig und allein ihre Güte, sowie der Ausfall der Ernte den Preis bestimmt.

Andere Verfahren zur Verbesserung des Weines sind das nach ihren Erfindern benannte Chaptalisiren und Gallisiren. Ist beispielsweise in Folge ungünstiger Witterung ein Jahrgang sehr zuckerarm ausgefallen und enthält dagegen der Most viel Säure, so kann man diese durch Zugabe von reinem, kohlensaurem Kalk abstumpfen und den Zucker durch Zusatz von reinem Rohrzucker auf den normalen Gehalt bringen. Es ist dies das Chaptalisiren, eine Vermehrung der Weinmenge selbst findet hier nicht statt.

Anders ist es dagegen beim Gallisiren. Hier wird dem sauren Weine eine solche Menge Wasser zugesetzt, daß der Säuregehalt auf den normalen Gehalt herabgedrückt wird. Dadurch wird der Wein jedoch relativ ärmer an Zucker, und das Fehlende wird in Form reinen Rohrzuckers zugegeben. Hier wird also thatsächlich das Volumen des Weines vermehrt und gallisirter Wein wird nach den Gesetzen und Verordnungen der meisten Länder wohl nur in seltenen Fällen als „Vollwein", sondern meist als „Halbwein" betrachtet werden müssen.

Andere Verbesserungen des Weines bestehen im Zusatze von Zucker, der in der gleichen Weise wie der schon in der Traube vorhandene Zucker vergährt, man erhält dann einen alkoholreicheren Wein. Das Gleiche kann aber auch durch Zugabe von reinstem, fuselfreiem Alkohol erreicht werden. Immer muß nach solchen Verbesserungen und Zusätzen der Wein aber einige Zeit lagern, bis er wieder harmonisch wird und sich zum Verkaufe eignet.

Die sogenannten Halbweine, Tresterweine oder Nachweine werden durch das Petiotisiren gewonnen. Durch das Auspressen werden die Weintrester nämlich niemals vollständig erschöpft, es bleiben in ihnen stets noch Zucker, Säure, Bouquetstoffe und Farbstoffe zurück, welche verloren gehen. Zu ihrer Verwerthung schlug nun Petiot im Jahre 1850 vor, die ausgepreßten Trester mit zuckerhaltigem Wasser einzumaischen und abermals zu vergähren. Es gehen dann auch die genannten Stoffe in Lösung und bei Anwendung reiner Materialien erhält man einen guten, billigen Wein, der besonders als Hauswein geeignet ist. Namentlich im südlichen Frankreich wird diese Methode sehr häufig angewendet. Da aber der petiotisirte Wein bei sachkundiger Bereitung ein sehr angenehmes, mit dem vollen Weincharakter und allen sonstigen Eigenschaften desselben versehenes Getränk bildet, beginnt sich jetzt dieser Vorgang nach und nach auch in anderen Ländern einzubürgern. Durch die Analyse

Digitized by Google

ist es oft überhaupt nicht möglich, einen Wein direct als „Halbwein" zu bezeichnen. Mit vollem Rechte legen aber die Gesetzesbestimmungen der meisten Länder den Producenten die Verpflichtung auf, petiotisirten Wein nur unter der ausdrücklichen Bezeichnung „Halbwein" oder „Tresterwein" zu verkaufen. Daß diese Bestimmung wo immer möglich umgangen wird, ist begreiflich, doch ist ihre strenge Durchführung nicht nur im Interesse des consumirenden Publicums, sondern auch des reellen Weinhandels gelegen.

In noch viel höherem Masse als der Traubenwein muß der Schaumwein oder Champagner als Kunstproduct bezeichnet werden. Seine Herstellung ist ausschließlich durch verschiedene Manipulationen und Zusätze bedingt, durch welche sein eigenthümlicher Charakter geschaffen und die bei einer zweiten Gährung entstehende Kohlensäure im Weine zurückgehalten wird. Neben den echten, durch Gährung erzeugten Schaumweinen werden „schäumende Weine", sogenannte imprägnirte Champagner, aber auch in der gleichen Weise hergestellt, wie das Sodawasser: man sättigt den Wein unter Druck mit Kohlensäure. An Güte und Geschmack stehen diese Schaumweine den echten aber bedeutend nach und vermögen in keiner Weise mit ihnen in Concurrenz zu treten.

Zur Bereitung von Schaumwein eignet sich besonders ein leichter, bouquetarmer Wein, dem außerdem noch durch zweckmäßigen Verschnitt der gewünschte Charakter ertheilt wird. Nur dadurch ist es möglich, immer die gleiche Champagnersorte herzustellen.

Ist dieser Wein flaschenreif geworden, so wird er in die Champagnerflaschen, deren Form ja genügend bekannt ist, gefüllt. Sie sind aus gutem, dickwandigem Glase bereitet und sehr sorgsam gekühlt, besonders wird darauf gesehen, daß der Hals im Inneren vollkommen cylindrisch ist. Jede Champagnerflasche wird, um vollständig sicher zu gehen, vor der Verwendung einem Drucke von 20 Atmosphären ausgesetzt, obwohl der unter normalen Bedingungen entstehende Druck nur etwa 7 Atmosphären beträgt. Durch diese Vorsichtsmaßregel werden aber alle untauglichen Flaschen ausgeschieden um das nachträgliche Zerspringen derselben, wodurch nicht nur Materialverluste, sondern auch eine Gefahr für die damit Hantirenden verbunden wäre, zu verhüten.

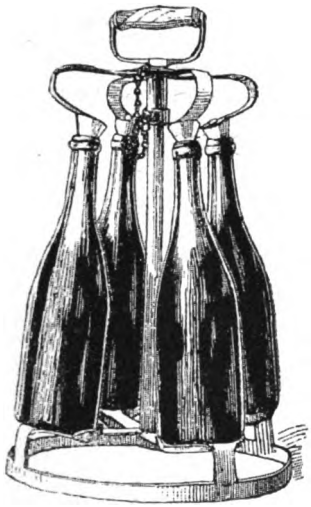
Der zur Champagnerfabrikation bestimmte Wein, der „Claret", wird im Winter öfters abgezogen und mit Hausenblase geschönt, im Frühjahre ist er dann nahezu „flaschenreif" geworden. Nun bringt man ihn in kleine Fässer, die 6 bis 7 hl zu fassen vermögen, lagert sie in einem wärmeren Raume ein und versetzt den Wein mit einer Lösung von feinem Candiszucker. Dies hat den Zweck, eine neuerliche Gährung einzuleiten, in den meisten Champagnerfabriken geschieht dies unter Verwendung einer bewährten, in Reinculturen fortgezüchteten Hefe.

Sobald die Gährung begonnen hat, wird der gährende Wein in Flaschen gefüllt. Diese werden gut verkorkt und in Stößen in einem warmen Locale aufgeschichtet. Hier bleiben sie so lange, bis sich eine solche Kohlensäuremenge entwickelt hat, daß in den Flaschen ein Druck von 7 Atmosphären herrscht, was mit Hilfe eines Manometers festgestellt wird.

Digitized by Google

Die Flaschen kommen jetzt in einen kühlen Raum, in dem sie etwa zwei Jahre lagern müssen. Dann bringt man sie — den durch einen Drahtverschluß, die „Agraffe", festgehaltenen Pfropf nach abwärts — auf Stellagen, die so eingerichtet sind, daß sie in rüttelnde Bewegung versetzt werden können. Durch das Rütteln wird erreicht, daß sich die während der Gährung in der Flasche gebildete Hefe auf dem Korke absetzt und der Wein selbst vollkommen klar wird, dies ist nach ungefähr drei Monaten der Fall. Nach der Klärung werden die Flaschen von den Rüttelstellagen genommen und in einen kühlen Keller gebracht, in dem sie — immer mit dem Korke nach unten — abermals längere Zeit verbleiben.

Die Entfernung der Hefe geschieht nun durch das sogenannte Degorgiren, eine Operation, die bedeutende Geschicklichkeit erfordert. Der Degorgeur nimmt



Mousseurschützer.

Degorgirgefäß.

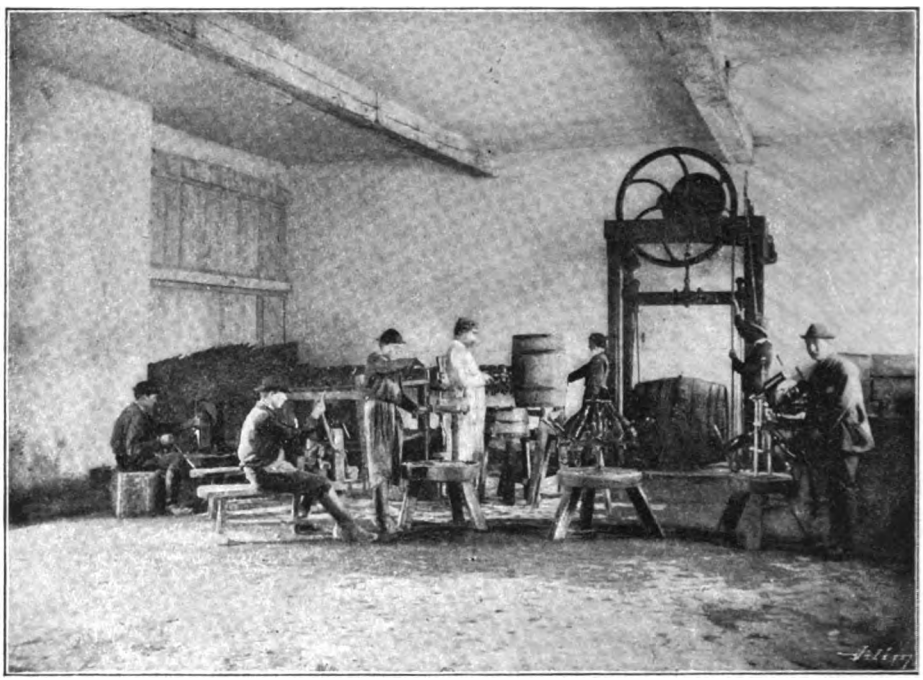
die Flasche von dem Gestelle und bringt sie unter den linken Arm, so daß der Hals nach abwärts gerichtet bleibt. Dann löst er mit der rechten Hand den Drahtbügel und läßt den Pfropfen springen. Gleichzeitig aber wird auch die am Pfropfen sitzende Hefe herausgeschleudert und Sache des Degorgeurs ist es, dabei so wenig Wein als möglich zu verlieren. Schließlich wischt er den Flaschenhals noch aus und stellt die Flasche auf eine Vorrichtung, in welcher sie durch einen federnden Verschluß verschlossen wird.

Bevor man zum Degorgiren schreitet, werden die Flaschen stark abgekühlt, da bei niederer Temperatur der Wein mehr Kohlensäure zu lösen vermag als bei höherer. Das Degorgiren selbst wird vor einem mit einer Oeffnung versehenen Fasse vorgenommen, in das die Korke fliegen.

Durch das Degorgiren geht nicht nur eine geringe Menge Wein verloren, sondern der Wein enthält nach dieser Operation zwar reichlich Kohlensäure, doch

Digitized by Google

schmeckt er rauh und trocken, da aller Zucker vergohren ist. Dem Weine, mit welchem man den beim Degorgiren entstandenen leeren Raum wieder auffüllt, setzt man daher den sogenannten „Liqueur" zu, der im Wesentlichen aus Zucker und feinem Cognac besteht. Erst durch diesen Zusatz erhält der Champagner den der Marke entsprechenden und von den Consumenten gewünschten Geschmack und der Fabrikant wird auch in die Lage versetzt, einen bestimmten Weintypus, unabhängig von der Verschiedenheit der Jahrgänge, gleichmäßig auf den Markt zu bringen.



Gährlocal und Manipulationsraum (Degorgiren und Dosiren des Champagners) in der Bisenzer Champagnerkellerei.

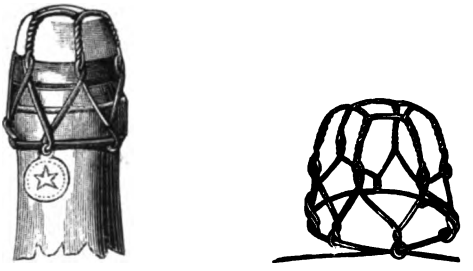
Schließlich wird die Flasche verkorkt und der Kork mit Hilfe eines Drahtbundes niedergehalten. In kühlen Kellern muß dann der Schaumwein längere Zeit lagern, ehe er vollkommen harmonisch und versandtfähig geworden ist.

Ueber die Darstellung der imprägnirten Schaumweine brauchen wir nicht viel Worte zu verlieren, da sie im Großen und Ganzen der Bereitung des Sodawassers analog ist. Der Wein erhält einen passenden Zusatz von Liqueur, wird in Glasgefäßen, die mit Rührvorrichtungen versehen sind, mit Kohlensäure gesättigt und in Flaschen gefüllt. Man läßt ihn dann einige Zeit lagern, um den Geschmack harmonischer zu machen, doch vermögen solche Schaumweine

Digitized by Google

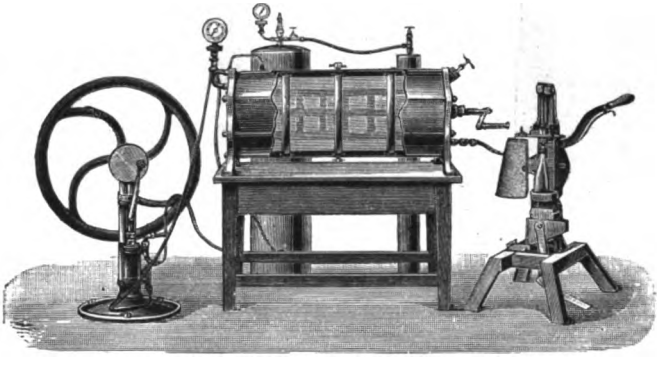
mit Bezug auf ihre Güte niemals mit den gegohrenen in ernstliche Concurrenz zu treten.

Ein unscheinbares, aber doch äußerst wichtiges Hilfsmittel zur Erzeugung eines guten, stark moussirenden Schaumweines ist der Kork, mit dem die Flasche verschlossen wird. Hält der Kork nicht genügend dicht, so entweicht die Kohlensäure, die Champagnerfabriken sind daher genöthigt, nur das beste, tadelloseste Material, von dem ein Stück bis zu 10 kr. kostet, zu verwenden. Die Erzeugung eines schäumenden Weines war aber überhaupt nur durch die Verwendung des Korkes als Flaschenverschluß möglich. Ursprünglich verwahrte man den Wein in offenen Gefäßen, erst Dom Pérignon, der Pater Kellermeister der Abtei von Hautvillers soll sich zuerst der Korke als Flaschenverschluß bedient haben; diese Erfindung wurde in der Zeit zwischen 1670 und 1715 gemacht. Schon im 18. Jahrhunderte war der Champagner in weiten Kreisen bekannt und zu einem geschätzten, gut bezahlten Getränke geworden. Dies verdankt er wohl vor allem dem Umstande, daß er wie kein zweites Getränk ungemein schnell erheiternd und erfrischend wirkt.



Verschluß von Champagnerflaschen.

Lange Zeit wurde Champagner nur an wenigen Orten Frankreichs bereitet, und bis heute hat sich der echte, französische Schaumwein einen besonderen Ruf bewahrt. Man hat aber auch gelernt, an anderen Orten Schaumweine darzustellen, die dem französischen nicht nur ebenbürtig, sondern in mancher Beziehung sogar überlegen sind. Ein Beispiel dieser Art bieten die Reichenbach-Lessonitz'schen Champagnerkellereien zu Bisenz in Mähren, deren Product sich eines Weltrufes erfreut, und von allen Autoritäten auf diesem Gebiete als Erzeugnis allerersten Ranges bezeichnet wird. Echter, französischer Champagner muß selbst im Lande seiner Erzeugung mit schwerem Gelde bezahlt werden, im Auslande erhöht sich der Preis noch um die mit Recht hohen Einfuhrzölle. Dagegen sind die inländischen Marken, wie der erwähnte

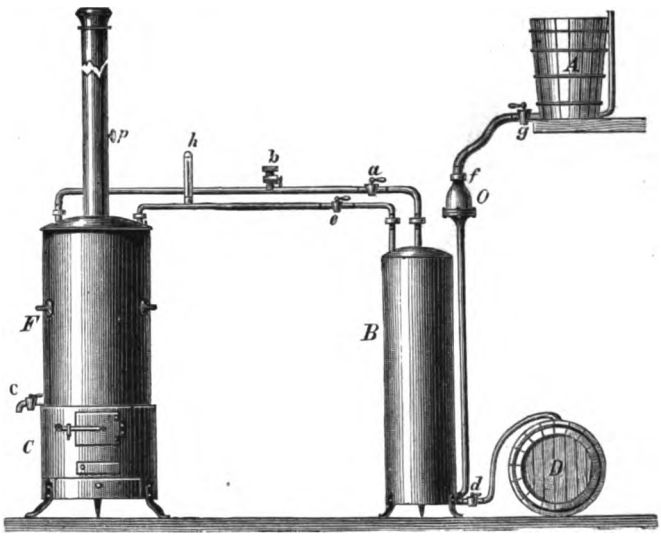


Apparat zur Darstellung von Schaumwein mit flüssiger Kohlensäure.

Digitized by Google

„Biſenzer“ bedeutend billiger, in der Qualität aber vollkommen gleichwerthig, und es iſt nur ein eingewurzeltes Vorurtheil, oder einfach Großthuerei, wenn mitunter immer noch dem ausländiſchen Erzeugniſſe vor dem tadelloſen, inländiſchen Getränke der Vorzug gegeben wird. — —

Der Wein iſt eine Flüſſigkeit, die ſehr leicht dem Verderben unterliegt. Wie wir wiſſen, ſind die Urſache des Verderbens aber Mikroorganismen und es lag daher nahe, nach Mitteln zu ſuchen, ſie unſchädlich zu machen. Abgeſehen von gährungsfeindlichen Stoffen, deren Anwendung nur eine beſchränkte ſein kann, hat ſich zu dieſem Zwecke beſonders ein Vorgang brauchbar erwieſen und ſehr raſch in der Kellerwirthſchaft Eingang verſchafft: das Erwärmen oder Paſteuriſiren des Weines.



Neukomm's Weinerwärmungsapparat.

L. Paſteur hat nämlich gefunden, daß die den Wein verderbenden Organismen getödtet werden, wenn man den Wein ganz kurze Zeit auf 50 bis 55° C. erwärmt. In gleicher Weiſe wird das Fortſchreiten des Verderbens ſchon kranker Weine gehindert, wenn dieſe Weine auf 50 bis 55° C. erwärmt werden. Erwärmt man aber den Wein auf höhere Temperatur, etwa auf 70° C., ſo zeigt es ſich bei vielen Weinen, daß ſie unmittelbar nach dem Erhitzen oder doch bald danach trübe werden und, der Ruhe überlaſſen, einen reichlichen, flockigen Bodenſatz abſcheiden, der der Hauptſache nach aus Eiweißkörpern beſteht.

Nun wiſſen wir aber, daß der Wein erſt dann flaſchenreif iſt, bis durch die Kellerbehandlung, beſonders durch wiederholtes Abziehen, alſo durch die Einwirkung des Luftſauerſtoffes die Eiweißkörper abgeſchieden ſind. Ehe dieſer Zuſtand erreicht iſt, vergeht ſehr viel Zeit, durch das Erwärmen des Weines iſt aber ein Mittel gegeben, die Flaſchenreife in einfacher Weiſe weitaus früher zu erreichen.

Zur Ausführung des Paſteuriſirens wurden zahlreiche Apparate conſtruirt, einen derſelben veranſchaulicht die obenſtehende Abbildung. Der zu erwärmende Wein gelangt aus der Kufe A durch das Rohr g f in den Vorwärmer B, welcher nach Art eines Kühlers conſtruirt iſt. In dem Keſſel F befindet ſich das Erwärmungsgefäß, das von C aus erwärmt wird. Aus dem Gefäße B gelangt der

Digitized by Google

Wein durch das Rohr a b nach F. Hier wird er erwärmt und strömt durch das Rohr h e nach B zurück, durchfließt das Schlangenrohr, kühlt sich dabei ab, indem er den als „Kühlwasser" dienenden nachströmenden Wein erwärmt und fließt endlich in das Faß D ab. Bei h ist ein Thermometer eingesetzt, um die Temperatur des abströmenden Weines beobachten und sie durch Verstärkung oder Verringerung des Zuflusses auf der gewünschten Höhe erhalten zu können.

Bei der Weinbereitung ergeben sich Rückstände, die man früher als werthlos betrachtete, seit man aber ihren Werth richtig erkannt hat, fand man auch Mittel und Wege, sie nutzbringend zu verwerthen. Die Darstellung des Tresterweines aus den Trestern haben wir schon kennen gelernt. Außer zu diesem Zwecke können die Treſter jedoch auch zur Darstellung von Branntwein, Weinessig und Grünspan verwendet werden, je nachdem man sie der alkoholischen oder der sauren Gährung überläßt. Zur Gewinnung von Grünspan, essigsaurem Kupferoxyd, überläßt man die Treſter der sauren Gährung, wobei aus dem in ihnen enthaltenen Zucker, beziehungsweise Alkohol, Essigsäure entsteht, und vergräbt darin dann Kupferstreifen, die sich bald mit Grünspan überziehen. Die erschöpften Treſter dienen schließlich als Viehfutter, oder sie werden verkohlt und die Kohle, das „Rebenschwarz" dient zur Herstellung von Druckerschwärze. Der Weinstock ist jedoch eine sogenannte Kalipflanze, d. h. er ist reich an Kalisalzen, und solche sind daher auch in den Trestern vorhanden. Verascht man daher die Treber, so erhält man eine kalireiche Asche, die zur Gewinnung von Potasche geeignet ist, eine Art der Verwerthung, die jedoch heute kaum mehr ausgeübt wird.

Die Traubenkerne enthalten 10 bis 11% eines fetten Oeles, welches man mitunter gewinnt. Das Weingeläger, der beim Lagern des Weines sich abscheidende Bodensatz, bestehend aus Weinhefe, Eiweißkörpern und weinsauren Salzen, liefert bei der Destillation Branntwein, der reich an Weinfuselölen (Druſenöl) ist, die im Destillirapparate verbleibende Schlempe wird auf Weinstein und Weinsäure verarbeitet.

Es erübrigt nun schließlich nur noch, die Darstellung eines Getränkes, das in den letzten Jahren zu großer Beliebtheit gelangte, des Cognacs, zu besprechen. Bekanntlich ist Cognac der aus dem Weine durch Destillation gewonnene Alkohol, der jedoch erst durch gewisse Zusätze und langes Lagern den eigenthümlichen Charakter erhält.

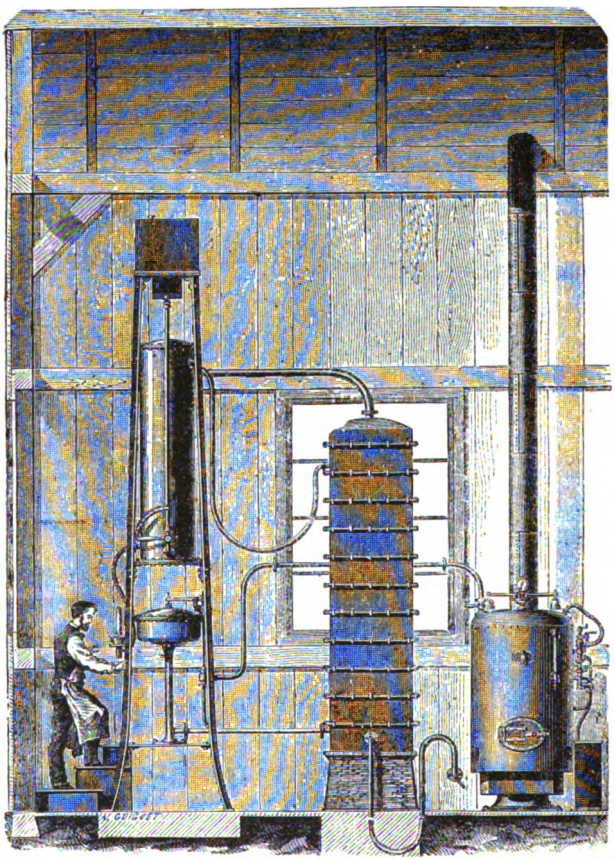
Bei der Destillation des Weines zum Zwecke der Cognacgewinnung ist es dem Fabrikanten aber nicht darum zu thun, wie bei der Spiritusfabrikation einen vollkommen reinen, fuselfreien Alkohol darzustellen. Das Destillat soll vielmehr außer dem im Weine enthaltenen Aethylalkohol noch die charakteristischen Riechstoffe, die Weinfuselöle enthalten, die in ihren Eigenschaften von den bei der Vergährung anderer zuckerhaltiger Stoffe entstehenden Fuselölen grundverschieden sind.

Zur Darstellung von Cognac eignen sich auch solche Weine, die des geringen Alkohol- und Extractgehaltes wegen auf dem Markte nur einen niederen Preis

Digitized by Google

erzielen würden, desgleichen Weine, die mit irgend einem Fehler behaftet sind. So läßt sich beispielsweise essigstichiger Wein ganz gut zur Cognacgewinnung verwenden, wenn man durch Neutralisation mit Potasche die freie Essigsäure bindet, so daß sie nicht in das Destillat übergehen kann.

Zur Ausführung der Destillation des Weines bedient man sich der verschiedenartigsten Apparate. Doch ist man auch hier, wenigstens in den großen Cognacfabriken — und diese sind es, welche heute die Hauptmenge des Cognacs erzeugen — von der Verwendung einfacher Destillirapparate ganz abgekommen, man wendet Apparate an, die von den großen, in den Spiritusbrennereien verwendeten Rectificatoren nur wenig abweichen.



Cognacapparat von Savalle.

Das frische Weindestillat besitzt weder einen besonders angenehmen Geschmack, noch den angenehmen Geruch, der dem Cognac den Charakter verleiht. Beide gewinnt es erst durch längeres Lagern in Fässern, und jedenfalls dürfte hier der durch die Poren des Holzes eindringende Sauerstoff eine ähnliche Rolle spielen wie bei dem Werden des Weines. Außerdem erhält fast jeder Cognac noch gewisse Zusätze, wie Zucker, Caramel — um die Farbe zu erzeugen — mindere Sorten werden auch mit Pflaumenextract versetzt.

Die Wirkung des Cognacs ist zweifellos nicht nur seinem Gehalte an Alkohol, sondern auch den sonstigen in ihm vorhandenen flüchtigen Bestandtheilen zuzuschreiben. Diese sind es, die sowohl die belebende Wirkung des Weines, wie auch die weit kräftigere des Cognacs bedingen, und ihn daher zu einem Getränke machen, das nicht nur von Gesunden genossen wird, sondern das auch als stärkendes Mittel bei Kranken zur Anwendung gelangt. — —

Digitized by Google

Wenn wir den Culturzustand eines alten griechischen Weinbauers mit jenem eines Weinproducenten der Neuzeit vergleichen könnten, so würde sich unzweifelhaft ergeben, daß der erstgenannte ein viel geringeres Wissen besaß als der letztere. Trotzdem war er im Stande, ausgezeichneten Wein zu bereiten, wenn auch mit den einfachsten Kellereigeräthen, und ohne vom Wesen der Gährung, von Zucker und Alkohol, von Hefe und Bakterien auch nur eine Ahnung zu haben. Er war eben ein reiner Empiriker, der sein Gewerbe nach Ueberlieferungen betrieb — allerdings können wir heute nicht mehr feststellen, welche Menge Wein in jener Zeit durch fehlerhafte Behandlung verloren ging.

Heute ist auch die Weinbereitung in die Reihe der Großindustrien eingetreten, wenigstens so weit sie die Gewinnung der Weine auf den großen Weingütern und in den Kellern der Weinhändler betrifft. Gerade aber dadurch, daß die Forschungen der Gährungschemiker in die Praxis übertragen wurden, hat die Kunst der Weinbereitung eine mächtige Förderung erfahren, die ihr in jeder Beziehung zum Segen gereichte.

Oft hört man in Laienkreisen mit einem gewissen Entsetzen davon sprechen, daß sich der Chemiker um die Bereitung von Nahrungs- und Genußmitteln kümmere, und durch Anwendung seiner häufig verkannten und verlästerten Kunst gewiß nur zur — Verfälschung und Verpantschung beitrage. Gerade auf dem Gebiete der Weinbereitung ist die Angst vor Fälschern und Pantschern aber am größten — und leider vielleicht nicht ganz mit Unrecht. Gegen die Umtriebe solcher Leute sind aber Gesetzesbestimmungen vorhanden, und es ist nur mit Freude zu begrüßen, daß gerade in den letzten Jahren das Bestreben zu Tage trat, nach Möglichkeit jedem unlauteren Vorgehen mit Entschiedenheit entgegenzutreten.

Unser Wissen, unsere Kenntnisse über das Wesen des Weines, besonders über jene Bestandtheile, die seine „Blume" bilden, sind noch sehr lückenhaft und noch lange nicht als abgeschlossen zu betrachten. Wir können und müssen vielmehr mit Sicherheit annehmen, daß gerade auf diesem Gebiete die Weinchemie noch sehr viel Neues und Werthvolles zu Tage fördern wird. Wie sich aber unsere Anschauungen und Kenntnisse über das Wesen des Weines, sein Werden und seine Zusammensetzung noch ändern mögen, immer wird es wahr bleiben, was Bodenstedt seinem Mirza Schaffy, dem fröhlichen Schuster von Bagdad, in den Mund legte:

„Aus dem Feuerquell des Weines,
Aus dem Zaubergrund des Bechers,
Sprudelt Gift — und süße Labung,
Sprudelt Schönes — und Gemeines:
Nach dem eig'nen Werth des Zechers,
Nach des Trinkenden Begabung."

Digitized by Google

## Die Essigfabrikation.

Die Darstellung von Essig gehört wohl zu den am längsten bekannten chemischen Arbeiten, denn der Vorgang der Essigbildung vollzieht sich in vielen Fällen, namentlich in der warmen Jahreszeit ungemein leicht und nur zu oft rascher als es erwünscht ist. Bei Aufzählung der Krankheiten des Weines haben wir schon gesehen, daß mitunter sich Essigsäure bildet, die dann selbst in einer sehr geringen Menge den Wein untrinkbar macht. Es ist daher unter allen sogenannten chemischen Producten die Essigsäure, beziehungsweise eine verdünnte Lösung derselben in Wasser, der Essig, eines der am längsten bekannten, da sie sich in vielen Früchten und Fruchtsäften unter gewissen Bedingungen in reichlicher Menge bildet.

Schon die alten Aegypter kannten den Essig und wußten auch, daß er gewisse lösende Eigenschaften besitzt, die dem Wasser nicht eigen sind, so z. B., daß er gewisse Mineralien, wie Kalk, unter Aufbrausen zu lösen vermag. Von den Aegyptern vererbten sich ihre reichen naturwissenschaftlichen Kenntnisse auf die Araber, und wir finden in den Schriften eines arabischen Naturforschers Namens Geber, der im 8. Jahrhunderte lebte, schon sehr ausführliche Berichte über die Eigenschaften des Essigs. Später hat sich Basilius Valentinus viel mit seinem Verhalten beschäftigt, er machte unter anderen die Entdeckung, daß sich der Essig dadurch stärker machen lasse, daß man einen Theil desselben abdestillirt.

Den wichtigsten Schritt in der Praxis der Essigbereitung that aber unstreitig der hochberühmte Chemiker Stahl, der in der ersten Hälfte des 18. Jahrhundertes wirkte, damit, daß er zuerst das saure Princip des Essigs, die Essigsäure, für sich allein darstellte.

Schon die Alchemisten wußten, daß bei der trockenen Destillation des Holzes eine Säure entsteht, die sie „Holzsäure" nannten und als eine dem Holze eigenthümliche Verbindung erklärten. Erst in unserem Jahrhunderte wurde aber der Nachweis erbracht, daß diese „Holzsäure" nichts anderes ist als unreine Essigsäure.

Die Essigsäure, ihre Zusammensetzung und Eigenschaften beschäftigten die Chemiker lange Zeit, wie kaum irgend ein anderer Körper, und die Wissenschaft hat aus dem Studium dieser Verbindung reichlichen Nutzen geschöpft. Nicht minder gilt dies aber auch von der Praxis, welche die von der Wissenschaft gefundenen Thatsachen zur Anwendung brachte. Gegenwärtig ist es möglich, aus den mannigfaltigsten Substanzen Essig in seiner reinsten und concentrirtesten Form als sogenanntes Essigsäurehydrat darzustellen. Die Chemie hat gelehrt, aus dem beim Brennen von Holzkohlen oder beim Theerschwelen abfallenden Theerwasser ebenso reine Essigsäure zu gewinnen, als dies aus Branntwein, Wein, Bier, kurz aus jeder zucker- oder alkoholhaltigen Flüssigkeit geschehen kann.

Digitized by Google

Die Essigsäure ist eine organische Verbindung, und besteht aus den gleichen Elementen wie Alkohol oder Zucker, nämlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Während ein Molekül Aethylalkohol aber aus 2 Atomen Kohlenstoff, 6 Atomen Wasserstoff und 1 Atom Sauerstoff besteht, enthält das Essigsäuremolekül 2 Atome Kohlenstoff, 4 Atome Wasserstoff und 2 Atome Sauerstoff. Ein Wasserstoffatom in der Essigsäure kann durch Metalle ersetzt werden, die Essigsäure bildet daher nur eine Reihe von Salzen und ist eine einbasische Säure.

Essigsäure entsteht auf verschiedene Weise. So wissen wir schon, daß sie sich unter den Producten der trockenen Destillation organischer Stoffe findet, sie entsteht aber auch durch Oxydation organischer Substanzen, und es bildet sich beispielsweise immer Essigsäure, wenn auch nur in sehr geringer Menge, wenn kräftig oxydirende Stoffe, wie Salpetersäure oder Chromsäure, auf organische Substanzen einwirken.

Essigsäure entsteht aber auch, wenn Alkohol oxydirt wird. Läßt man beispielsweise Alkohol auf Platinschwamm, von dem wir wissen, daß er in seinen Poren Luftsauerstoff verdichtet, tropfen, so wird er unter Entwickelung einer bedeutenden Wärmemenge zersetzt und neben anderen Zersetzungsproducten entsteht Essigsäure in namhafter Menge. Dies können wir uns am treffendsten dadurch erklären, daß eben der in den Poren des Platinschwammes verdichtete Sauerstoff oxydirend auf den Alkohol einwirkt und die Bildung von Essigsäure veranlaßt. So einfach nun auch dieser Vorgang erscheint, so ist er im Großen doch aus verschiedenen Gründen zur Darstellung von Essigsäure nicht anwendbar, wenn es auch nicht von der Hand gewiesen werden kann, daß er möglicherweise, zweckmäßig abgeändert, seinerzeit noch Bedeutung für die Praxis erlangen wird.

Dagegen geschieht die Umwandlung des Alkohols in Essigsäure in einfacher Weise durch die Thätigkeit gewisser Mikroorganismen, des Essigsäurepilzes, und auf seiner Anwendung beruht die Fabrikation des Essigs aus Alkohol, die daher zu den Gährungsgewerben gehört.

In seinen Lebensbedingungen unterscheidet sich aber das Essigferment in vielen Beziehungen von dem Alkohol- und Milchsäurefermente. Während diese des Luftsauerstoffes nicht bedürfen und im Stande sind, den Sauerstoff dem Zucker zu entziehen, vermag das Essigferment bei Luftabschluß seine Thätigkeit nicht auszuüben. Es siedelt sich daher in den Flüssigkeiten immer an jener Stelle an, an der ihm die Möglichkeit geboten ist, mit Luft in Berührung zu kommen, also an der Oberfläche, und nur das hier vegetirende Ferment kommt für die Essigbildung in Betracht.

Taucht man nämlich lebendes Essigferment absichtlich unter die Flüssigkeit, so lebt es zwar fort, verliert aber die Fähigkeit, Alkohol in Essigsäure umzuwandeln. Gleichzeitig ändert es aber auch seine Gestalt, es geht in eine eigenthümliche Masse über, die man als „Essigmutter" bezeichnet — der Luft wieder ausgesetzt, vermag die Essigmutter neuerdings Essigsäure zu erzeugen.

Digitized by Google

Wie jedes andere Ferment vermag auch der Essigsäurepilz nicht allein von jenem Stoffe zu leben, den er verändert. Geradeso wie Hefe, in eine Lösung von chemisch reinem Zucker gebracht, sich nicht zu entwickeln und zu vermehren vermag, so stirbt das Essigferment in reinem Alkohol ab. Es bedürfen eben auch die Fermente zu ihrer Ernährung stickstoffhaltiger Verbindungen und Mineralstoffe.

Die Umwandlung von Zucker in Alkohol ist ein verhältnismäßig einfacher Vorgang, der sich als Spaltung des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure auffassen läßt. Nicht ganz so einfach ist die Entstehung von Essigsäure aus Alkohol. Wie wir aus dem oben Mitgetheilten über die Unterschiede in der Zusammensetzung des Alkoholes und der Essigsäure wissen, enthält die Essigsäure zwei Wasserstoffatome weniger, dagegen ein Sauerstoffatom mehr wie der Alkohol.

Die Thätigkeit des Essigfermentes ist also gleichzeitig reducirend, wobei dem Alkohole Wasserstoff entzogen wird, und oxydirend, wodurch der durch Reduction aus dem Alkohole entstandenen Verbindung wieder Sauerstoff einverleibt wird.

Wenn wir dem Alkohole Wasserstoff entziehen, so erhalten wir eine neue Verbindung von eigenthümlichem Geruche, welche Aldehyd heißt; Aldehyd entsteht auch als Zwischenproduct bei der Umwandlung des Alkoholes in Essigsäure. Gleichzeitig wird der entstehende Aldehyd aber durch die Thätigkeit des Essigfermentes oxydirt und das Oxydationsproduct ist Essigsäure.

Mit der Umwandlung des Alkoholes in Essigsäure hat das Essigferment seine Thätigkeit aber noch nicht abgeschlossen. Läßt man nämlich fertigen Essig mit dem Essigfermente unter Luftzutritt weiter in Berührung, so fährt das Ferment fort, oxydirend zu wirken, und zwar oxydirt es nun die Essigsäure selbst, sie wird schließlich in Kohlensäure und Wasser verwandelt, also regelrecht „verbrannt".

Wie die anderen Gährungsorganismen äußert auch das Essigferment eine lebhafte Thätigkeit nur innerhalb gewisser Temperaturgrenzen, die bei 24 und 35° liegen. Unter 12° wird aber seine Thätigkeit schon so gering, daß ein so starkes Sinken der Temperatur unbedingt vermieden werden muß.

Wir gehen nun zur Besprechung der in der Praxis angewendeten Methoden zur Darstellung von Essig über und beginnen mit der Fabrikation des Weinessigs, die aller Wahrscheinlichkeit nach die älteste von allen ist. Besonders große Mengen Weinessig werden in Frankreich erzeugt, in jenem Lande, das vor allen anderen verstanden hat, seinen Reichthum an Traubensaft am besten zu verwerthen.

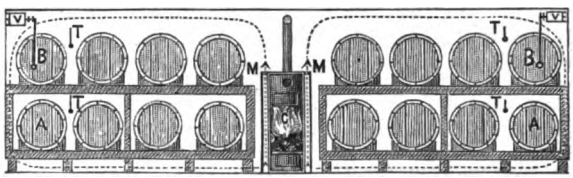
Die französischen Essigfabrikanten verarbeiten gewöhnlich ganz geringe Weine oder solche, die durch irgend einen Fehler in der Kellerbehandlung erkrankt sind. Doch ist durchaus nicht jeder kranke Wein zur Essigerzeugung geeignet; besonders Wein, welcher anfängt bitter zu werden, liefert einen ebenfalls bitteren und daher ungenießbaren Essig.

Die erstmalige Anzucht des Essigfermentes ist eine leicht durchzuführende Arbeit. Gleich anderen Fermenten ist es stets in der Luft vorhanden und es

Digitized by Google

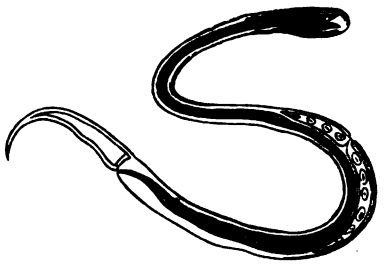
genügt daher, eine alkoholhaltige Flüssigkeit, etwa schwachen Wein in einem offenen Gefäße bei höherer Temperatur sich selbst zu überlassen, um die Essiggährung hervorzurufen.

In Frankreich arbeitet man zur Herstellung von Weinessig in folgender Weise: Man bringt den zu säuernden Wein in kleine Fässer, die 1 bis höchstens 5 *hl* fassen; jedes Faß wird bis zu vier Fünfteln angefüllt. Unmittelbar über dem Spiegel des Weines ist ein Loch in die Faßwand gebohrt, das, wie auch das Spundloch des Fasses, beständig offen bleibt. Diese Oeffnungen haben den Zweck, einen beständigen Luftwechsel in den Fässern herbeizuführen.



Essigstube zur Darstellung von Weinessig.

Das Essigferment haben wir uns als Ueberträger des Luftsauerstoffes zu denken. Es reducirt zunächst den Alkohol zu Aldehyd und oxydirt diesen dann mit Hilfe des Luftsauerstoffes. Ist nun der Proceß der Essigbildung eingeleitet, so würde die über dem Weine lagernde Luft bald ihres Sauerstoffgehaltes beraubt sein und der Säuerungsproceß würde ein Ende finden, da die Thätigkeit des Fermentes unbedingt an das Vorhandensein von Sauerstoff geknüpft ist. Durch den chemischen Proceß aber, der während der Essigbildung im Weine vor sich geht, wird dieser und die über ihm lagernde Luftschicht erwärmt. Die wärmere Luft ist aber leichter wie die kalte, sie steigt daher in dem Fasse empor und entweicht durch das obere Spundloch. Gleichzeitig tritt aber frische Luft durch die erwähnte Oeffnung, die oberhalb des Flüssigkeitsspiegels angebracht ist, ein. Es ist also der Raum oberhalb des Weines stets mit sauerstoffreicher Luft erfüllt und das Essigferment vermag ungestört seine Thätigkeit auszuüben.


Essigälchen, sehr stark vergrößert.

In der Essigstube stehen die in der geschilderten Weise vorbereiteten Fässer in zwei Reihen übereinander, wie es die obenstehende Abbildung veranschaulicht. A stellt die untere, B die obere Faßreihe dar, C ist ein Ofen, um die Temperatur stets auf einer günstigen Höhe zu erhalten, er ist mit dem Blechmantel M umgeben. T sind mehrere Thermometer, die an verschiedenen Orten der Essigstube angebracht sind, V ist eine unmittelbar unter der Decke befindliche Ventilationsvorrichtung, die in Gang gesetzt wird, wenn die Luft schon sehr verdorben ist. Die in der Abbildung punktirte Linie zeigt den Weg an, welche die durch den Ofen erwärmte warme Luft nimmt.



Digitized by Google

Ist in den Fässern der Proceß der Essigbildung eingeleitet und nach Ablauf einiger Tage der Wein in Essig umgewandelt, so wird ein Theil des Essigs abgezogen und durch die gleiche Menge frischen Wein ersetzt. Der Proceß geht nun von selbst stetig fort und die Fässer stehen so lange in Betrieb, bis der entstehende Bodensatz so stark geworden ist, daß eine Reinigung nöthig wird.

Neben dem Essigferment siedelt sich sehr häufig auch das Kahnferment an, welches dann das Essigferment überwuchert und unterdrückt. Das Kahnferment zerstört aber auch die schon gebildete Essigsäure, und Fässer, in denen sich der ungebetene Gast angesiedelt hat, müssen unbedingt vollständig entleert, gründlich gereinigt und frisch eingesäuert werden.

Ein anderer Uebelstand, welcher sich bei der Fabrikation des Weinessigs nach diesem Verfahren sehr häufig einstellt, ist folgender: Gleichzeitig mit dem Essigferment kommt auf der Oberfläche des Weines ein Thierchen aus der Familie der Fadenwürmer, das Essig- oder Kleisterälchen, zur Entwickelung. Dem freien Auge erscheint es als ein kaum 2 *mm* langer, sich lebhaft bewegender Faden.

Gleich dem Essigfermente bedürfen auch diese Thierchen des freien Sauerstoffes zu ihrer Entwickelung. Sie drängen sich daher an der Oberfläche der Flüssigkeit zusammen, drücken das Essigferment unter den Spiegel derselben und hemmen dadurch seine Thätigkeit. Auch in diesem Falle bleibt kein anderer Ausweg als die Fässer zu entleeren und gründlich zu reinigen.

Der Weinessig enthält einen großen Theil jener Producte, welche sich ursprünglich in dem Weine selbst befanden. Eine gewisse Menge wird jedoch ganz zerstört, wie der Alkohol, der ja in Essigsäure unmgewandelt werden muß; einige Substanzen werden ihrer Menge nach etwas verringert, wie die Weinsäure, da sie auch von dem Essigferment angegriffen wird. Die neu entstandenen Producte sind hauptsächlich Essigsäure und zusammengesetzte Aether. Gerade diese Aether sind es aber, die dem Weinessig den angenehmen aromatischen Geruch und Geschmack ertheilen und ihn zu der werthvollsten Essigsorte machen, welche im Handel vorkommt.

Die Hauptmenge des Essigs wird aber nicht aus Wein, sondern aus Alkohol dargestellt. Der Alkohol des Handels besteht aber, wie wir wissen, bloß aus Alkohol und mehr oder weniger Wasser, wenn wir von den außerordentlich geringen Mengen Fuselöl absehen. In diesem Zustande ist er aber durchaus unfähig, in Essigsäure überzugehen, denn es fehlen dem Essigfermente die unumgänglich zu seiner Ernährung nöthigen stickstoffhaltigen und anorganischen Substanzen. Zur Fabrikation des Essigs aus Alkohol ist daher auch die Beimengung gewisser Stoffe, welche dem Fermente zur Nahrung zu dienen haben, unerläßlich.

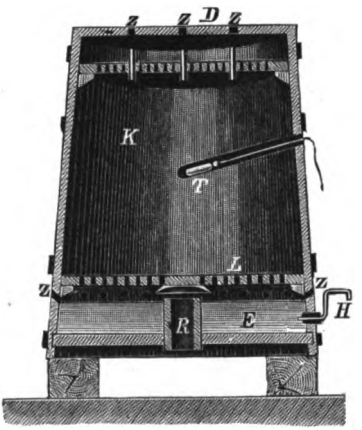
Die Praktiker haben längst die Wichtigkeit dieser Zusätze erkannt und auch so ziemlich jene getroffen, welche die entsprechenden Nährstoffe für das Essigferment zu liefern vermögen. So findet man in den Vorschriften sehr häufig angegeben, daß man dem Weingeist einen Auszug von Rosinen, eventuell von Malz, von vergohrener Bierwürze oder von klein geschnittenem Brote zuzugeben habe.

Digitized by Google

Da der Werth aller dieser Zusätze eben in nichts anderem liegt, als daß sie Salze und stickstoffhaltige Nahrung dem Fermente bieten, so wird man am zweckmäßigsten einen solchen Zusatz wählen, der alle Stoffe in gelöster Form enthält und selbst in Essiggährung überzugehen vermag. Vergohrene Bierwürze, sogenanntes „grünes Bier", eignet sich am besten zu diesem Zwecke, kann aber auch durch einen mit Wasser bereiteten Auszug von Brot ersetzt werden.

Die praktische Durchführung der Fabrikation von Essig aus Spiritus gleicht in ihren Hauptzügen genau jener der Darstellung von Weinessig. Da es sich bei der Darstellung von Branntweinessig aber nicht um die Schonung von Bouquetstoffen handelt, die man durch langsame Durchführung des Vorganges bei nicht zu hoher Temperatur erzielt, so trachtet man, den Proceß der Essigbildung so rasch als möglich verlaufen zu machen, was durch Einhaltung eines sehr hohen Wärmegrades erreicht wird, und man heizt die Essigstuben bis zu 35° C. an.

Bei der Darstellung des Weinessigs, sowie des Essigs aus Alkohol mit Hilfe der gleichen oder ähnlicher Vorrichtungen, die wir bei Besprechung der Darstellung des Weinessigs kennen gelernt haben, findet die Bildung von Essigsäure nur an jener Stelle statt, an welcher eine Berührung der Flüssigkeit mit der Luft möglich ist, also an ihrer Oberfläche. Der Verlauf des Vorganges wird daher um so langsamer sein, je geringer die Ausdehnung der Flüssigkeitsoberfläche ist.



Essigbilder im Durchschnitte.

Wenn man aber einen Apparat anwendet, welcher gestattet, der in Essig zu verwandelnden Flüssigkeit eine sehr große Oberfläche zu geben, und der gleichzeitig so beschaffen ist, daß Sauerstoff in ausreichender Menge zutreten kann, so wird der Proceß der Säurebildung offenbar in dem Verhältnisse rascher verlaufen als die Oberfläche der Flüssigkeit an Ausdehnung zunimmt. Man sucht dies dadurch zu erreichen, daß man das „Essiggut" durch eine lockere Masse fließen läßt, welche jedoch so porös sein muß, daß sie ein gleichzeitiges Abwärtsbewegen der Flüssigkeit und ein Aufsteigen des Luftstromes gestattet, da nur an jenen Stellen, an denen sich Essiggut und Sauerstoff treffen können, unter Vermittlung des Essigfermentes Essigbildung stattfindet. Als solche poröse Körper werden gewöhnlich Hobelspäne aus Buchenholz verwendet.

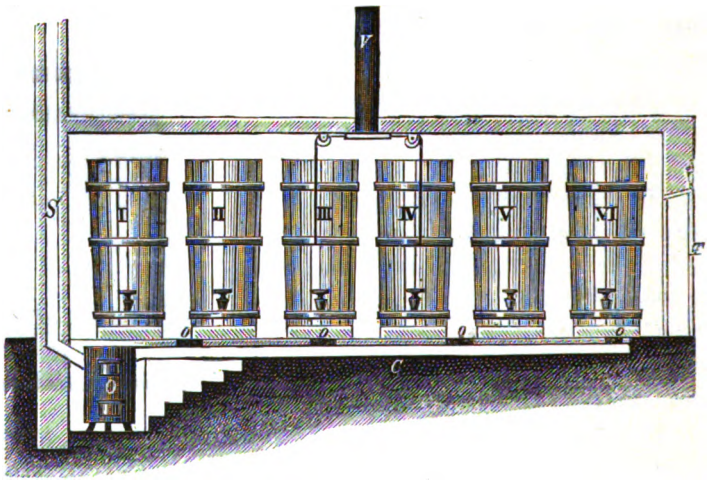
Diese Hobelspäne werden in eine Kufe besonderer Einrichtung, den Essigbilder, gefüllt; gewöhnlich besitzen diese Essigbilder die durch die obenstehende Abbildung veranschaulichte Form. In dem fest aufliegenden Deckel D sind etwa sechs, nicht über 2 cm weite Zuglöcher z angebracht, die erforderlichenfalls durch Stöpsel ganz oder theilweise geschlossen werden können; in den darunterliegenden



Digitized by Google

„Senkboden" sind sechs Glasröhren r eingekittet. Diese Glasröhren enden aber nahe unter dem Deckel und gestatten der Luft durch den Bilder zu streichen, während sich auf dem „Senkboden" Essiggut befindet. In den mit Spänen gefüllten Raum K reicht bis zur Mitte desselben ein unten zugeschmolzenes Glasrohr, in dem ein Thermometer liegt. Unter dem Lattenboden L ist, von einem hölzernen Hute überragt, ein Rohr R angebracht, welches nebst den schief gebohrten Zuglöchern z den Luftzug durch den Apparat vermittelt. Das durch den Apparat geflossene und dabei in Essig umgewandelte Essiggut sammelt sich in dem Raume E an und wird durch den Heber H abgelassen.

Wenn ein solcher Essigbilder in Betrieb gesetzt werden soll, so handelt es sich zunächst darum, das Essigferment auf den Spänen anzusiedeln. Ist dies




Essigstube im Durchschnitte.

geschehen, so arbeiten bei richtiger Regulirung der Temperatur und gleichmäßigem Zuflusse des Essiggutes, daß sich durch die Oeffnungen des Senkbodens gleichmäßig über die Späne vertheilt, die Bilder lange Zeit hindurch regelmäßig fort. Es genügt jedoch nicht, das Essiggut einmal den Bilder passiren zu lassen, um allen vorhandenen Alkohol in Essigsäure überzuführen. Vielmehr ist es erforderlich, das Essiggut wiederholt aufzugeben und um dies in bequemer Weise zu ermöglichen, ordnet man die Essigbilder in Gruppen an.

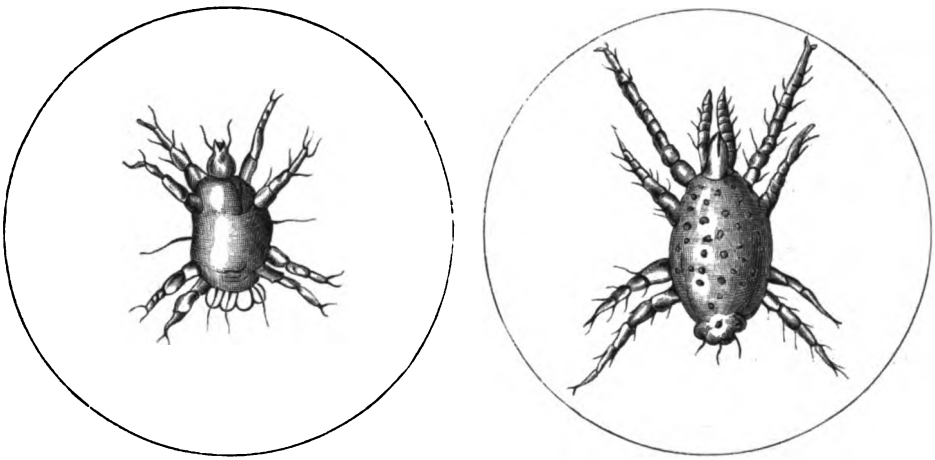
Die obenstehende Abbildung veranschaulicht den Verticalschnitt durch eine Essigstube mit sechs Bildern. Um die Temperatur stets auf der gewünschten Höhe zu erhalten, ist ein Ofen O vorhanden, aus welchem die Verbrennungsproducte durch den Schlot S abgeführt werden. Von dem oben geschlossenen Mantel des Ofens führt der Heizcanal C in der Mitte des Raumes unter dem Fußboden der Fabrik hin und ist bei oo mit Ausströmungsöffnungen für die Luft versehen. Die Essigstube muß mit einer doppelten Thür t versehen sein, um Wärmeverluste

Digitized by Google

zu vermeiden, auch soll in der Mitte des Raumes an der Decke ein gut schließender Schieber angebracht werden, welcher einen Lüftungsschlot V verschließt. Durch Oeffnen dieses Schiebers kann erforderlichenfalls eine kräftige Ventilation der Essigstube herbeigeführt werden.

Der Proceß der Umwandlung des Alkoholes in Essigsäure ist mit einer beträchtlichen Wärmeentwickelung verbunden und der aufsteigende warme Luftstrom bewirkt auch bei der Essigerzeugung in den Schnellessigapparaten in gleicher Weise die Lüftung wie in den einfachen Vorrichtungen, deren man sich zur Erzeugung des Weinessigs bedient.

Die Darstellung von Essig ist jedoch durchaus nicht so einfacher Natur, wie man nach dieser kurzen Schilderung vielleicht denken wird. Vielmehr können



Essigmilben.

verschiedene Störungen eintreten. So kann es durch unachtsame Behandlung der Bilder dahin kommen, daß die Vermehrung des Essigfermentes aufhört, oder es siedeln sich die Essigaale an, desgleichen kann sich auch Essigmutter bilden. Das beste Gegenmittel ist in allen diesen Fällen die Entleerung, sorgfältigste Reinigung und Neubeschickung des Apparates.

Außer durch die Essigaale, welche wahrscheinlich durch das Wasser, dessen man sich zur Darstellung des Essiggutes bedient, in die Fabrik eingeschleppt werden, können auch Störungen des Betriebes durch die sogenannten Essigmilben stattfinden. Diese Thiere treten oft plötzlich in enormen Mengen in den Essigfabriken auf und gelangen durch die Zuglöcher in das Innere der Bilder. Die obenstehenden Abbildungen zeigen diese durchaus nicht schön zu nennenden Thiere in 120facher Vergrößerung. Die Leiber der abgestorbenen Individuen häufen sich in den Essigbildern bald in solcher Menge an, daß die Essigbildung ganz aufgehoben und durch Fäulnisvorgänge verdrängt wird. Auch hier hilft, wenn das

Digitized by Google

Uebel schon sehr arg geworden ist, nur die Reinigung der Bilder. Sonst kann man die Einwanderung der Milben unmöglich machen, indem man unterhalb der Zuglöcher einen Ring aus Vogelleim anbringt, den die Milben nicht überschreiten können.

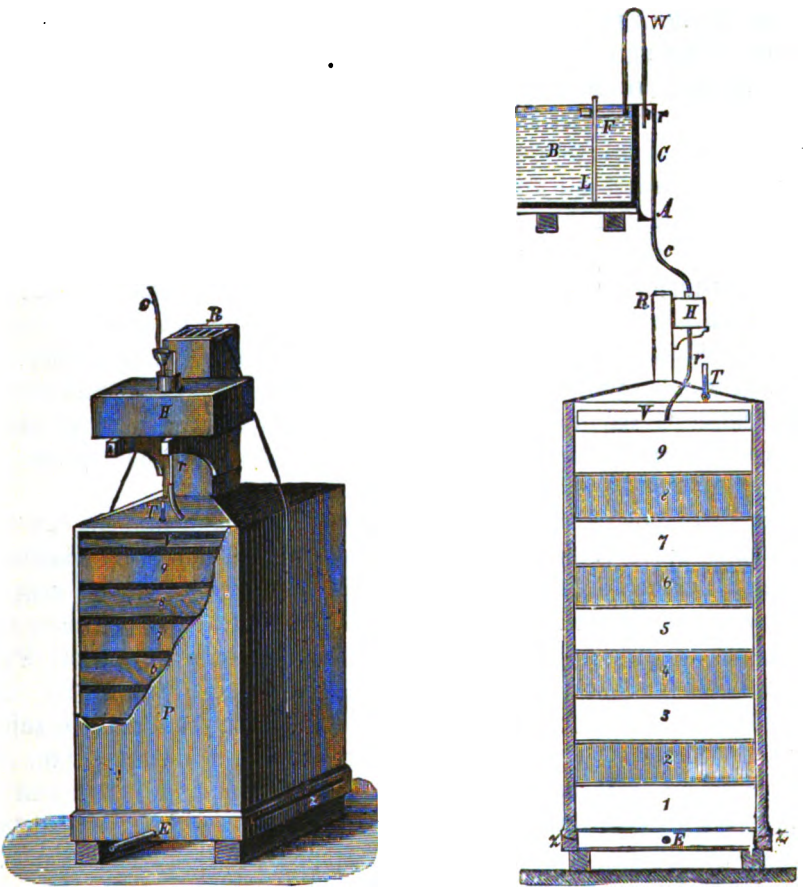
Der geschilderte, in den meisten Fabriken in Gebrauch stehende Essigbilder ist aber in vieler Beziehung ein unvollkommenes Geräth. Es ist daher begreiflich, daß man bestrebt war, den Essigbildern eine solche Form und Einrichtung zu ertheilen, daß sie nicht nur einen regelmäßigen Gang der Arbeit, sondern auch eine wesentliche Erhöhung der Ausbeute gestatten, als das alte System. Bei diesem ist nämlich das Entweichen von unverändertem Aldehyd unvermeidlich, auch kann durch zu lange Einwirkung des Essigfermentes Essigsäure zerstört werden, und Alkohol aus dem Essiggute durch Verdunstung verloren gehen.

Alle diese Nachtheile sind bei dem „Plattenessigbilder" aber behoben, und ein weiterer Vortheil dieses Apparates, dessen ungemein sinnreiche Einrichtung wir gleich kennen lernen werden, besteht darin, daß auch seine Leistungsfähigkeit jene der mit Spänen gefüllten Essigständer weitaus übertrifft. Bei den Essigbildern des alten Systemes ist die ungleichmäßige Vertheilung des Essiggutes ein weiterer Uebelstand, mit diesem Plattenessigbilder ist aber eine Vorrichtung verbunden, die das Aufgießen des Essiggutes mit der Regelmäßigkeit eines Uhrwerkes vollkommen selbstthätig besorgt. Es kann daher der Betrieb einer mit einer großen Anzahl solcher Apparate arbeitenden Fabrik von einem einzigen Arbeiter unterhalten werden, da dieser nichts anderes zu thun hat, als den Vorrathsbehälter für das Essiggut täglich einmal zu füllen.

Dieser „Plattenessigbilder" besteht aus einem prismatischen Kasten, der 110 cm lang und breit und beiläufig 250 cm hoch ist. Oben wird dieser Kasten durch eine stumpfe Pyramide abgeschlossen, auf welcher ein vierseitiges Rohr von 50 cm Höhe sitzt. Wie aus den Abbildungen zu ersehen, ist das Innere des Kastens mit 10 Schichten ungemein dünner Platten aus Buchenholz in der Weise ausgefüllt, daß die einzelnen Schichten unter rechten Winkeln gekreuzt übereinander stehen. Da je zwei nebeneinander stehende Platten in den Schichten durch prismatische Holzstäbchen auseinandergehalten werden, so kann sowohl Flüssigkeit an den beiden Seitenflächen der Holzplatten herabfließen, als Luft zwischen denselben ungehindert emporsteigen, so daß, selbst wenn man dem Essigbilder die Höhe eines Hauses geben würde, das Herablaufen des Essiggutes und der Luftzug nach oben an jeder Stelle des Apparates vollkommen gleichförmig vor sich gehen kann. Da bei einem Essigbilder von der oben angegebenen Größe die Gesammtoberfläche aller Holzplatten zusammen 1000 $m^2$ beträgt, und auf der gesammten Oberfläche die Berührung des Essiggutes mit Luft gleichmäßig stattfindet, so ist in Folge dieser Umstände die Wirksamkeit dieser Plattenessigbilder ungemein groß, und die einmal eingeleitete Essigbildung kann jahrelang ohne jede Störung vor sich gehen, wenn der Luftzutritt und der Zufluß des Essiggutes ein- für allemal richtig gestellt ist.

Digitized by Google

Der Zutritt der Luft in das Innere des Essigbilders erfolgt durch die an dem unteren Theile des Apparates, aus dem bei E das durch den Bilder gegangene Essiggut ausfließt, angebrachten langen und schmalen Oeffnungen Z, welche zum Schutze gegen das Eindringen der Essigmilben mit einem feinen Netzstoffe überzogen sind. Die Regulirung der Stärke des Luftzuges erfolgt am




Platteneſſigbilder.

Anſicht. Durchſchnitt.

oberen Theile des ſchlotförmigen Aufſatzes mit Hilfe des mit R bezeichneten Regiſterſchiebers. Wenn die Eſſigbildung einmal eingeleitet und der Zufluß des Eſſiggutes geregelt iſt, braucht man den Regiſterſchieber nur derart zu ſtellen, daß das in die Pyramide eingeſetzte Thermometer T ſtets dieſelbe Temperatur zeigt. Die Vertheilung des Eſſiggutes über die Platten findet durch den eigenthümlich conſtruirten Senkboden V in Form ungemein feiner Tröpfchen ſtatt. In den Senkboden iſt eine Anzahl beiderſeits offener, kurzer Röhren eingeſetzt, durch

Digitized by Google

welche die Luft aus dem Essigbilder emporsteigt und durch den schlotförmigen Aufsatz abzieht.

Dieser Apparat kann natürlich, wie jeder andere Essigbilder durch Aufgießen von Essiggut mit der Hand beschickt werden. Um aber den Apparat vollkommen unabhängig von den Arbeitern zu stellen und namentlich den Betrieb desselben mit der größten Regelmäßigkeit ohne Unterbrechung Tag und Nacht in Gang zu erhalten, ist er mit der selbstthätig wirkenden Aufgießvorrichtung versehen, deren Einrichtung ebenfalls aus unserer Abbildung ersichtlich ist. Das Essiggut befindet sich in einer Kufe B, deren Größe so gewählt ist, daß sie das Essiggut, welches zur Speisung von einem oder einer Gruppe mehrerer Essigbilder während 24 Stunden erforderlich ist, aufzunehmen vermag. In der Kufe schwimmt ein Holzkörper F, welcher seine Führung durch drei lothrecht stehende Stäbe erhält und mit dem Flüssigkeitsspiegel steigt und sinkt. An dem Holzkörper F ist ein gläserner Winkelheber W befestigt, an dessen längeren Schenkel ein kurzer Kautschukschlauch befestigt ist, der eine Klemmschraube r trägt. Durch das Verstellen dieser Klemmschraube hat man es in der Macht, die aus dem Winkelheber W innerhalb einer gewissen Zeit abfließende Flüssigkeitsmenge auf das genaueste zu reguliren. Der längere Schenkel des Winkelhebers bewegt sich in einer Röhre C auf und ab; am unteren Ende dieser Röhre ist bei A das dünne Leitungsrohr c angefügt, durch welches das Essiggut zu der Hebervorrichtung gelangt.

Der Zweck des Winkelhebers W ist der, zu veranlassen, daß das Essiggut aus B immer unter demselben Drucke ausfließt. Wäre diese Vorrichtung nicht vorhanden, so würde auch z. B. durch einen nahe über dem Boden angebrachten Hahn, solange die Kufe noch hoch gefüllt ist, in der Zeiteinheit vielmehr Essiggut abfließen als bei tiefem Flüssigkeitsstand in B, da im ersten Falle der Druck der Flüssigkeitssäule in B ein bedeutender, im letzteren ein geringerer ist. Der an jedem Essigbilder vorhandene Heberkasten H dient dazu, das durch c zufließende Essiggut in beliebigen Zeitabschnitten auf den Senkboden V aufzugießen. Sobald der Kasten H mit Essiggut, welches durch den Trichter einfließt, so weit gefüllt ist, daß die Flüssigkeit in dem engen Röhrchen zu steigen beginnt, entleert sich der ganze Inhalt des Kastens durch das Rohr r auf den Senkboden V. Der Heberkasten H fast 31 Essiggut; wenn die Klemmschraube r an dem Winkelheber W so gestellt ist, daß es zwei Stunden dauert, bis der Heberkasten ganz gefüllt ist, so werden regelmäßig und vollkommen selbstthätig ohne Mitwirkung eines Arbeiters in Zeiträumen von zwei zu zwei Stunden immer 31 Essiggut aufgegossen.

Während der Weinessig sich durch einen höchst angenehmen, aromatischen Geruch auszeichnet, eine Eigenschaft, die übrigens jeder Essig besitzt, der durch die langsame Thätigkeit des Essigfermentes an der Oberfläche der ruhenden Flüssigkeit entsteht, besitzt der nach dem Verfahren der Schnellessigfabrikation erzeugte Essig nur den reinen Geruch nach Essigsäure. Wendet man dagegen mit

Digitized by Google

Absicht keinen ganz reinen, sondern fuselhaltigen Spiritus an, so entstehen auch bei der Schnellessigfabrikation angenehm riechende Stoffe. Uebrigens gewinnt jeder Essig bei längerem Lagern an Lieblichkeit und Harmonie des Geruches, was wohl auch nur durch die Entstehung wohlriechender, zusammengesetzter Aether zu erklären ist.

Außer der mit Hilfe des Essigfermentes aus Alkohol erzeugten Essigsäure werden bei der chemischen Verwerthung des Holzes auch bedeutende Mengen vollkommen reiner Essigsäure erhalten, welche der durch Gährung entstandenen vollkommen gleichwerthig ist. Die Fabrikation von Holzessig werden wir im nächsten Abschnitte kennen lernen.

* * *

Die Spiritusfabrikation, Bier- und Weinbereitung, sowie die Essigindustrie sind die wichtigsten Gewerbe, deren Ausführung auf der Thätigkeit niederer Lebewesen, der Gährungserreger beruht. Wir kennen aber noch andere Gewerbe, die sich ebenfalls unter Einleitung von Gährungsvorgängen abspielen. Hierher gehört beispielsweise die Bereitung des Käses. Schon das „Sauerwerden" der Milch, das mit ihrer Gerinnung Hand in Hand geht, ist ein Gährungsvorgang. Gelangt nämlich in der Milch der Milchsäurepilz zur Entwickelung, so producirt er aus dem Milchzucker Milchsäure. Der Käsestoff oder das Casein der Milch befindet sich aber nicht in Lösung, sondern nur in einem eigenthümlichen Zustande der Quellung, dieser Zustand hält aber nur so lange an, als dem Casein eine gewisse Menge Kalk zu Gebote steht, mit der er eine chemische Verbindung bildet.

Tritt nun in der Milch freie Milchsäure auf, so verbindet sie sich mit dem Kalke und nun wird dem Casein die Substanz entzogen, die es befähigt, sich gleichmäßig in der Milch zu vertheilen, so daß sie uns als Flüssigkeit erscheint. Der Käsestoff scheidet sich dann aus, die Milch gerinnt, die Ursache dieser Erscheinung ist aber einzig und allein nur in der Thätigkeit des Milchsäurepilzes zu suchen.

Auch das Reifen des Käses beruht auf Gährungsvorgängen. Dabei finden durch die Thätigkeit verschiedener Mikroorganismen bedingte tiefgreifende Zersetzungsvorgänge des Käsestoffes statt, es treten riechende und schmeckende Verbindungen auf, die ursprünglich bröckelige Masse wird teigig und nimmt endlich jene Beschaffenheit an, in der wir den Käse als „reif" bezeichnen. Gleichzeitig treten als Begleiterscheinung dieser Gährungsvorgänge aber auch Gase auf, die die Bildung der Löcher und Hohlräume in einzelnen Käsesorten verursachen. Ist dagegen die Gasentwickelung zu lebhaft und erfolgt sie zu rasch, so kann sie andererseits auch die Ursache von Käsefehlern werden. Die Käse bekommen zu große Löcher und platzen selbst durch den Druck der Gase in ihrem Inneren, oder sie werden von unzähligen kleinen Poren und Hohlräumen durchsetzt und können dann zum mindesten nicht als tadellose Waare bezeichnet werden.

Digitized by Google

Wie bekannt, verzeichnet jede Speisekarte eine größere Anzahl von Käsesorten, und manche derselben werden nur an ganz bestimmten Orten bereitet. Es lag nun der Gedanke nahe, daß auch die oft ganz charakteristischen und specifischen Eigenschaften mancher Käsesorten einzig und allein auf die Thätigkeit besonderer Gährungserreger zurückzuführen sind. Dies hat sich in der That bewahrheitet, und heute beginnt man schon solche Käsereifungsbakterien in Reinculturen zu züchten. Man ist dadurch in die Lage versetzt, jede beliebige Käsesorte an jedem Orte herzustellen, sofern man sich der betreffenden Reincultur bedient, und auch sonst die Herstellung in solcher Weise leitet, wie sie der Charakter des Käses verlangt.

Auch die Brotbereitung basirt auf der Einleitung von Gährungsvorgängen. Hier sind es aber nicht gewisse Stoffwechselproducte, um deren Erzeugung es zu thun ist, sondern es kommt ausschließlich auf die Wirkung der durch die Gährung entstehenden Kohlensäure an, die lockernd auf die Teigmasse wirkt. Man kann mit Hilfe der Backpulver diese Kohlensäure aber auch innerhalb des Teiges künstlich, unter Vermeidung eines Gährungsvorganges erzeugen, und sich hier von den Mikroorganismen vollständig unabhängig machen. — —

Wenn wir das in diesem Abschnitte Gesagte aber nochmals überblicken, so sehen wir, daß die Gährungsgewerbe ein industrielles Gebiet von hoher wirthschaftlicher Bedeutung sind. Wie sich der Mensch die Gewalten der Natur unterthänig machte, wie er den Blitz zu bändigen und den Dampf in Fesseln zu schlagen wußte, so verstand er es auch, die kleinsten Lebewesen in seine Dienste zu stellen. Sie müssen ebenso für ihn arbeiten, wie das fließende Wasser und der Wind, und wie man zur besseren Ausnützung der Kohle die Feuerungsanlagen verbesserte, wie man die Dampfmaschinen vervollkommnete, so verstand man es auch hier, durch entsprechende Züchtung die Gährungserreger zu veredeln.

Die Fortschritte, die man auf dem Gebiete der Gährungsgewerbe zu verzeichnen hatte, und denen wir die Entstehung großer und bedeutender Industrien zu verdanken haben, sind aber erst wenige Jahrzehnte alt. Angebahnt durch die Erfindung des Mikroskopes, entwickelte sich doch die Lehre von den Gährungsvorgängen erst in der zweiten Hälfte dieses Jahrhundertes zu ihrer heutigen Höhe und besonders den Forschungen Pasteurs haben wir ihre Ausgestaltung zu einer modernen Wissenschaft zu verdanken.

In ihrer Gesammtheit betrachtet, geben uns die Gährungsgewerbe aber das erfreuliche Bild im steten Fortschreiten begriffener Industrien, die ihre heutige Bedeutung und ihre ungeahnt rasche Entwickelung nur dem Umstande zu verdanken haben, daß sie es stets verstanden, die Forschungen der Gährungschemiker für ihre rein praktischen Zwecke zu benützen und zu verwerthen.

Digitized by Google

# Die Verwerthung des Holzes auf chemischem Wege.

Hauptsächlich in zwei Richtungen wirkte die Chemie fördernd und befruchtend auf die Industrien ein. Einerseits indem sie seit langen Zeiten empirisch betriebene Gewerbe auf eine rationelle, wissenschaftliche Basis stellte und sie befähigte, sich zu Großindustrien auszubilden, andererseits dadurch, daß sie selbst neue, auf chemischer Grundlage beruhende Verwerthungsarten zahlreicher Stoffe ins Leben rief. Zu diesen jungen, erst in den letzten Jahrzehnten neu geschaffenen Industrien gehört die Verwerthung des Holzes auf chemischem Wege.

Außer der Nutzung als Holz selbst bestand bis vor nicht gar zu langer Zeit die einzige Verwerthung des Holzes in der Gewinnung von Holzkohle und eventuell von Potasche. Daß die letztere Art der Verwerthung heute kaum mehr nutzbringend ist, haben wir an einer früheren Stelle schon dargelegt. Es blieb also als einzige Nutzung nur noch die Verkohlung des Holzes, und hier hat die moderne Chemie eingesetzt, und durch Verwerthung der sich ergebenden Abfälle eine neue Industrie geschaffen. Ferner lehrte sie aber auch, das Holz auf andere Weise zu verarbeiten, zahlreiche wichtige Stoffe daraus darzustellen, und es ist vielleicht nur mehr eine Frage weniger Jahre, daß man im Stande sein wird, aus Holz direct Aethylalkohol zu erzeugen. Möglich ist dies heute schon, doch ist das Verfahren selbst noch nicht genügend durchgebildet, um in der Praxis festen Fuß zu fassen.

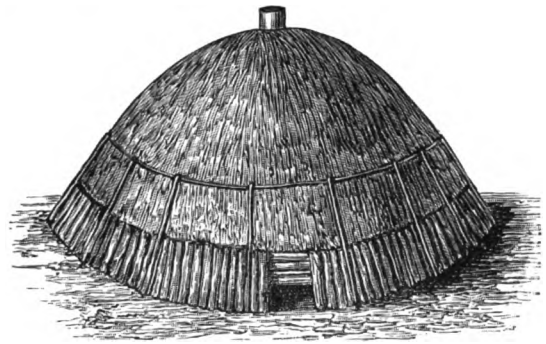
Ehe wir uns jedoch mit den verschiedenen Verfahren der chemischen Verwerthung des Holzes selbst beschäftigen, müssen wir uns kurz mit seiner Zusammensetzung vertraut machen.

In chemischer Beziehung besteht das Holz aus einer größeren Anzahl von Körpern, deren Natur und Menge von der Art der betreffenden Pflanze, sowie von

Digitized by Google

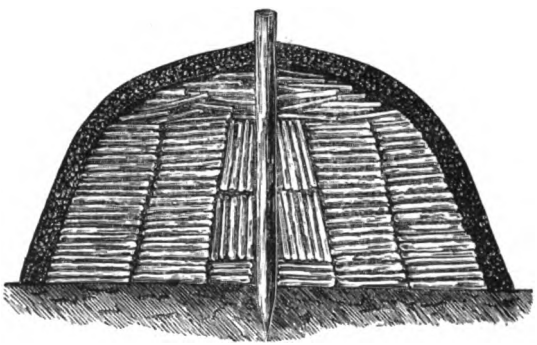
dem Alter derselben abhängig ist. Allgemeine, jeder Holzart zukommende Bestandtheile sind: die Holzfaser und der Saft, und dieser ist eine Lösung verschiedener Stoffe in Wasser.

Die Holzfaser bildet in Form von Zellen und Gefäßen den eigentlichen Körper der Holzgewächse und vieler Früchte, je nach der Größe der Zellen, dem Alter und der Wandstärke derselben erscheint sie aber in sehr mannigfaltigen Formen. Das lockerste, weichste Holz besteht aber ebenso aus Holzfaser, wie die steinartige Schale gewisser Früchte. Im ersteren sind eben die Zellen groß und dünnwandig, letztere lassen unter dem Mikroskope sehr kleine und dabei dickwandige Zellen erkennen.



Kohlenmeiler.

Trotz der außerordentlichen Wichtigkeit, welche das Holz für den Menschen besitzt, ist man doch noch nicht dahin gelangt, den Begriff „Holzsubstanz" genau festzustellen. Jedenfalls wissen wir aber, daß sie der Hauptsache nach aus Cellulose besteht, die, so lange die Hölzer ganz jung sind, fast rein ist, und mit zunehmendem Alter dadurch in Holzsubstanz übergeht, daß sich die Zellwände verdicken und die zwischen den einzelnen Zellen vorhandenen freien Räume durch eine eigenthümliche Substanz ausgefüllt werden, die man aus diesem Grunde auch als „incrustirende Substanz" oder „Lignin" (Holzstoff) bezeichnet hat.



Meiler im Durchschnitte.

Auch die Cellulose gehört einer Gruppe von chemischen Verbindungen an, von der wir schon zahlreiche Repräsentanten kennen gelernt haben, nämlich der Gruppe der Kohlehydrate. Die reine Cellulose besitzt genau die gleiche Zusammensetzung wie das Stärkemehl, besitzt aber andere chemische und physikalische Eigenschaften wie dieses.

Gegen chemische Agentien verhält sich die Cellulose in vielen Stücken der Stärke sehr ähnlich. Durch concentrirte Schwefelsäure wird sie, wenn dabei jede Erwärmung ausgeschlossen ist, vollständig aufgelöst und es findet dann sehr rasch eine Umsetzung der Cellulose statt, wobei sie zuerst in einen anderen, in seinem

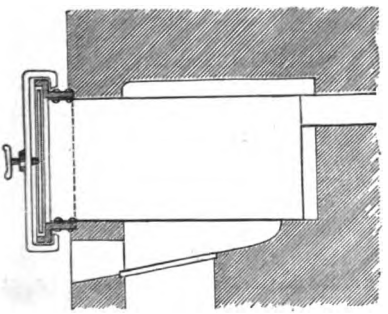
Digitized by Google

Verhalten gegenüber Jod, durch welches er blau gefärbt wird, der Stärke ähnlichen Körper, das Amyloid übergeht. Das Amyloid verwandelt sich rasch in Dextrin und dieses geht durch Kochen der verdünnten Flüssigkeit in gährungsfähigen Zucker über.

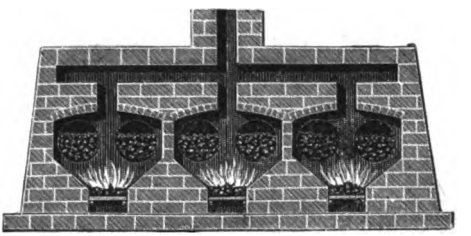
Der Saft des Holzes enthält neben den gelösten anorganischen Bestandtheilen auch Kohlehydrate, wie Zucker, Gummi und Eiweißkörper. Zu diesen allgemeinen Bestandtheilen des Holzsaftes kommen noch jene hinzu, welche gewissen Holzarten eigen sind, so z. B. der Gerbstoff in den Eichen, die Harze in den Nadelhölzern, Farbstoffe in gewissen, namentlich tropischen Holzarten u. s. f.

Gedeckter Meiler mit der Vorrichtung zur Gewinnung der Destillationsproducte.

Wie erwähnt, besteht die älteste Nutzung des Holzes in der Darstellung von Holzkohle, wobei durch die Einwirkung der Wärme das Holz unter Abschluß der Luft verkohlt wird und zahlreiche Stoffe entstehen, die bei gewöhnlicher Temperatur theils gasförmig, theils flüssig oder fest sind. Wird die Verkohlung des Holzes in gewöhnlichen Meilern vorgenommen, so entweichen diese Producte



Liegende Retorte zur Verkohlung des Holzes.



Ofen mit sechs Retorten zur Gewinnung des Holztheeres.

der trockenen Destillation ungehindert in die Luft. Nimmt man dagegen die Verkohlung in geschlossenen Gefäßen, in Retorten vor, so erzielt man nicht nur eine bessere Holzkohle, sondern die Producte der trockenen Destillation können aufgefangen und verwerthet werden.

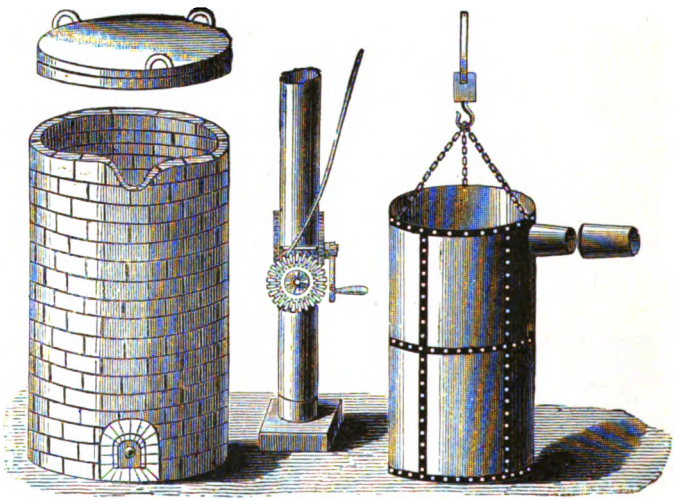
Eine Art der trockenen Destillation, also der Verkohlung des Holzes in geschlossenen Gefäßen haben wir schon kennen gelernt, als wir die Erzeugung der explosiven Stoffe besprachen. Wir sahen, daß eine zur Schießpulverfabrikation geeignete Holzkohle nur unter Einhaltung ganz bestimmter Bedingungen erhalten werden kann, und daß die Verkohlung in Retorten die beste Pulverkohle liefert.

Digitized by Google

Ganz ähnlicher Apparate bedient man sich auch zur Holzverkohlung im Großen, und ihre Einrichtung wollen wir jetzt kennen lernen.

Es giebt eine große Anzahl solcher Apparate, und die einfachste Form besteht wohl darin, daß man den Meiler mit einer vollkommen undurchlässigen Schicht umgiebt, und den Destillationsproducten nur an einer Stelle den Austritt gestattet. Diese Vorrichtungen sind jedoch in mehr als einer Beziehung unzweckmäßig, und man bedient sich daher liegender oder stehender Retorten.

Die Einrichtung eines Apparates zur Destillation des Holzes in liegenden Retorten besitzt der Hauptsache nach große Aehnlichkeit mit jenen Vorrichtungen, deren man sich zur Erzeugung des Leuchtgases aus Steinkohlen bedient. Die



Stehende Retorte zur trockenen Destillation des Holzes.

Retorten bestehen aus einem Cylinder, der am rückwärtigen Theile in ein Rohr übergeht, durch welches die Destillationsproducte abziehen. Die Retorten selbst sind aus starkem Kesselblech verfertigt, die Vorderseite wird durch eine Blechthür luftdicht verschlossen. In diese Retorten wird das zu destillirende Holz gebracht, und von der unter der Retorte befindlichen Feuerung aus erhitzt.

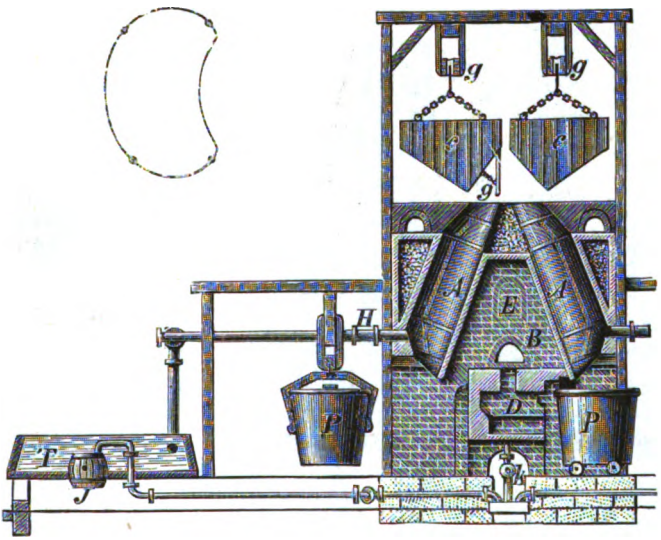
Die liegenden Retorten besitzen jedoch verschiedene Nachtheile, besonders verursacht das Eintragen der Holzscheite ziemliche Schwierigkeiten. Es lag daher der Gedanke sehr nahe, stehende Retorten zu verwenden, und sie so einzurichten, daß die eigentliche Retorte aus dem Ofen gehoben und durch eine frisch beschickte ersetzt werden kann. Damit sind dann verschiedene Vortheile verbunden: man kann ohne Unterbrechung fortarbeiten, indem man eine Retorte, in der die Destillation beendet ist, aushebt und durch eine andere ersetzt, in welcher die Destillation bald wieder beginnt, da das heiße Mauerwerk des Ofens fortwährend Wärme aus-

Digitized by Google

strahlt und auch die Heizung nur so lange Zeit außer Thätigkeit zu sein braucht, als zur Auswechselung der Retorten nöthig ist.

Eine einfache Vorrichtung dieser Art, wie man sie zuerst in Frankreich für die Zwecke einer kleinen Fabrikation in Anwendung gebracht hat, zeigt die Abbildung Seite 718. In den aus feuerfesten Ziegeln zusammengesetzten Ofen wird die gefüllte Retorte mit Hilfe eines kleinen Krahnes gebracht und ihr Abzugsrohr mit dem Kühlapparate verbunden, in welchem sich die flüchtigen Bestandtheile verdichten.

Der Mathieu'sche Apparat besitzt schiefstehende Retorten A, deren Querschnitt an der Seite der Abbildung ersichtlich ist. Nach beendeter Destillation wird




Mathieu's Apparat zur Holzdestillation.

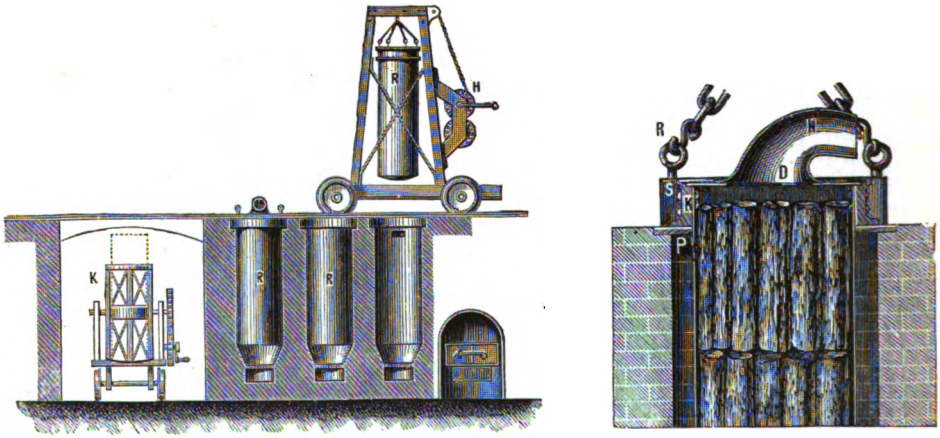
die Kohle in das Gefäß P entleert, die Dämpfe ziehen durch H nach den in T liegenden Kühlschlangen. Das Faß J dient zur Aufnahme des bei der Destillation entstehenden Theeres und Holzessigs, die sich hier nicht verdichtenden Gase werden durch das Rohr K nach der Feuerung geleitet und verbrannt.

Die beiden Abbildungen auf Seite 720 zeigen endlich die Einrichtung einer modernen Holzdestillationsanlage. Der obere Theil der Retorte ist mit einem gußeisernen Ringe K verbunden, welcher, wenn die Retorte in den Ofen eingesenkt ist, auf einem flachen gußeisernen Ringe P ruht, der auf dem Mauerwerke liegt. An diesem Ringe sind vier Oesen S angebracht, die zum Einhängen des Hebewerkes dienen. Der Deckel der Retorte wird durch vier Stifte, die durch Oeffnungen in den Ring gesteckt werden, festgehalten, er besteht aus einer Blechscheibe, welche in der Mitte einen kegelförmigen Aufsatz D trägt, der in das zum Condensator führende Rohr H übergeht.

Digitized by Google

Das Einsetzen der Retorte R in den Ofen geschieht mit Hilfe einer mechanischen Vorrichtung. Auf der oberen Fläche des Ofens ist ein Bahngeleise G angebracht, auf welchem ein Krahnwagen R läuft; dieser Wagen trägt einen Aufsatz, der die Form einer abgestützten Pyramide besitzt. Das Bahngeleise ist vom letzten Ofen bis zu einer Mauer fortgesetzt, auf der es aufruht, unter diesem Bahngeleise ist ein zweites angeordnet, das nach dem Platze führt, an welchem die Retorten entleert und neuerdings mit Holz beschickt werden.

Die Retorte, deren Inhalt vollständig abdestillirt ist, wird noch im heißen Zustande aus dem Ofen gehoben, indem man den Krahnwagen über die Retorte schiebt und diese in die Holzpyramide zieht. Der Krahnwagen wird sodann über die Oeffnung O gefahren, unter welcher auf dem zweiten Bahngeleise E ein Wagen




Moderne Anlage zur trockenen Destillation des Holzes.
Ansicht. Retorte.

K steht, der eine korbförmige Vorrichtung zur Aufnahme der Retorte besitzt. Sobald die Retorte in diesen Korb gesenkt ist, wird er durch Drehung einer Schraube ohne Ende horizontal gestellt und der Wagen über die zur Aufnahme der Kohlen bestimmte Grube gefahren. Dort wird der Deckel der Retorte abgenommen und ihr Inhalt in die Grube entleert, die noch glühenden Kohlen werden durch Ueberdecken mit naßer Kohle vor dem Verbrennen geschützt.

Während diese Arbeiten mit der eben aus dem Ofen kommenden Retorte vorgenommen werden, schiebt man unmittelbar, nachdem der erste Kippwagen weggefahren wurde, von einem Nebengeleise einen zweiten Kippwagen unter den Krahnwagen, hebt die Retorte in diesen hinauf, führt den Krahnwagen über den leeren Ofen und senkt die Retorte in diesen ein, worauf in kurzer Zeit die Destillation beginnt.

Da die zur trockenen Destillation des Holzes dienenden Apparate um so besser functioniren, je genauer man im Stande ist, die Temperatur zu reguliren,

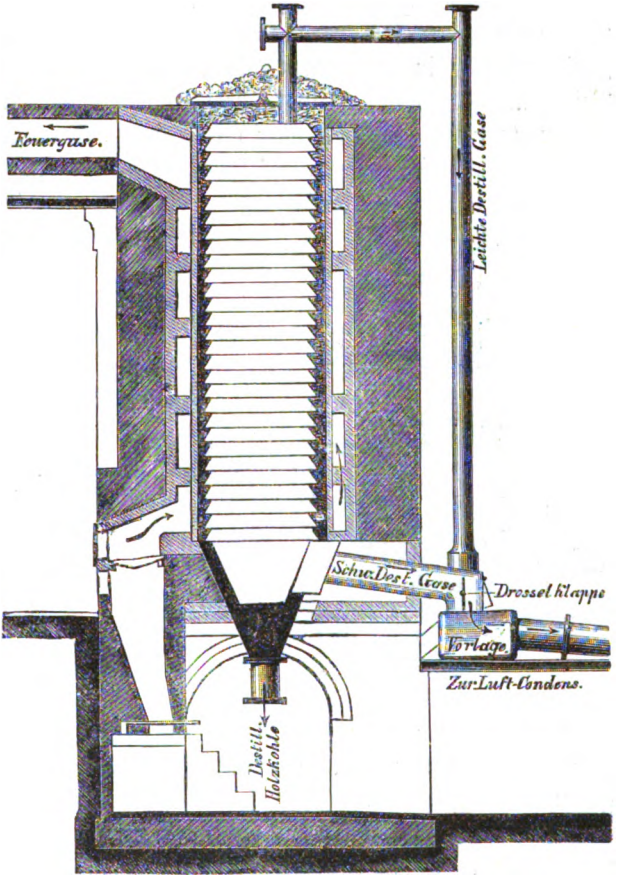
Digitized by Google

REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA



weil man nur dann Kohlen von ganz bestimmter Beschaffenheit und gleichzeitig auch die höchste Ausbeute an Destillationsproducten erzielt, wendet man vielfach auch überhitzten Dampf an Stelle der directen Feuerung an. Das Wesen dieser Art der Heizung haben wir schon kennen gelernt, es sei daher nur auf das in dem Abschnitte über die Darstellung der explosiven Stoffe Gesagte verwiesen.

Eine von den geschilderten Apparaten abweichende Construction besitzen jene Vorrichtungen, die zur trockenen Destillation von Holzabfällen, wie ausgelaugter Lohe Farbholzspänen und Abfallholz überhaupt dienen sollen. In mancher Beziehung gleichen sie jenen Vorrichtungen, deren man sich zum Schwellen bituminöser Braunkohlen bedient. Sie bestehen aus einem lothrecht stehenden eisernen Cylinder, in dem eine Anzahl übereinander liegender, glockenförmiger Ringe eingesetzt ist. Es entsteht auf diese Weise eine Art von ringförmigem Cylinder, der unten in einen kegelförmigen Raum übergeht.




Vorrichtung zur trockenen Destillation von Holzabfällen.

Die oben eingeworfenen Holzstücke werden in dem ringförmigen Cylinder erhitzt und die Dämpfe streichen in der Höhlung der Glocken nach oben, während die Kohle unten von Zeit zu Zeit entfernt wird, wobei man den unteren Theil des Cylinders durch einen Schieber absperrt. Durch fortwährendes Nachschütten von Holztheilchen durch die obere Oeffnung des Cylinders kann daher die Destillation fortgesetzt werden, ohne eine Unterbrechung zu erfahren.

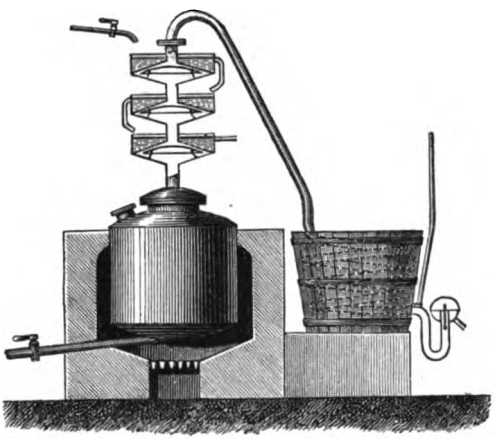
Die Producte, die bei der trockenen Destillation des Holzes entweichen, bestehen neben Essigsäure, Wasser und anderen leicht flüchtigen Körpern aus sehr



Digitized by Google

großen Mengen von Gas. Da nun der Gasstrom der Träger der Dämpfe ist und in gewissen Perioden des Processes sehr bedeutende Gasmengen entstehen, muß man für eine ausgiebige Abkühlung der Dämpfe sorgen, um nicht sehr große Mengen werthvoller Destillationsproducte entweder ganz ungenützt in die Luft entweichen zu lassen, oder aber mit den Gasen, die verheizt werden, zu verbrennen. Man läßt daher die Destillationsproducte Kühlvorrichtungen passiren.

Die bei der trockenen Destillation des Holzes entstehenden flüssigen Destillationsproducte trennen sich, wenn sie der Ruhe überlassen werden, bald freiwillig in zwei Antheile, in den Holztheer und den auf diesem schwimmenden Holzessig. Beide sind jedoch nur Halbproducte, welche zwar im rohen Zustande für manche Zwecke tauglich sind, die aber erst dann voll ausgenützt und verwerthet werden, wenn man aus ihnen gewisse Körper im reinen Zustande abscheidet.



Destillirapparat für rohen Holzessig.

Wenn man den rohen Holzessig, welcher von dem Theere durch Ablassen getrennt wird, einer Destillation unterwirft, so erhält man einerseits rohen Holzgeist (Methylalkohol), andererseits den sogenannten destillirten Holzessig, der entweder direct verwerthet, oder auf essigsauren Kalk verarbeitet werden kann.

Die Destillation des rohen Holzessigs, wobei einerseits der „destillirte Holzessig", andererseits ein Gemisch brennbarer Körper, der „rohe Holzgeist", erhalten wird, wird in großen, kupfernen Destillirblasen vorgenommen. Diese Apparate besitzen unmittelbar über dem Boden ein Ablaßrohr, außerdem sind sie mit einem Rectificirapparate und einer Kühlvorrichtung verbunden. Der auf diese Weise gewonnene destillirte Holzessig ist eine farblose, stark sauer und empyreumatisch (brenzlich) riechende Flüssigkeit, welche sich, mit der Luft in Berührung, stark und rasch bräunt. Es wurden verschiedene Methoden vorgeschlagen, den Holzessig von den empyreumatischen Stoffen zu trennen, ohne daß jedoch auch nur einer dieser Vorschläge in der Praxis festen Fuß hätte fassen können. Der einzige Weg, der zum Ziele führt, besteht darin, daß man die Essigsäure in ein essigsaures Salz überführt und dieses erhitzt, bis die Theerbestandtheile zersetzt oder verflüchtigt sind.

Das essigsaure Salz erleidet dabei keine Veränderung, soferne die Erhitzung nicht zu weit getrieben wird. Um dann daraus wieder die Essigsäure in Freiheit zu setzen, verdrängt man sie durch eine stärkere Mineralsäure und destillirt die frei gewordene Essigsäure ab.

Digitized by Google

Zur Ueberführung der Essigsäure in ein Salz derselben bedient man sich je nach der Sorte der Säure, deren Darstellung man beabsichtigt, des Natrons oder des Kalkes. Kalk wird angewendet, wenn man eine für alle technischen Zwecke taugliche Essigsäure darstellen will, Natron dagegen, wenn es sich darum handelt, vollständig reine, für Speisezwecke brauchbare Essigsäure zu erhalten. Manche Fabriken jedoch, die nicht mit den zur Gewinnung der reinen Essigsäure nöthigen Apparaten ausgerüstet sind, begnügen sich damit, von dem Holzessig den rohen Holzgeist abzudestilliren und aus dem Rückstande rohen essigsauren Kalk, sogenanntes Rothsalz, darzustellen. Beide Rohproducte werden dann an andere chemische Fabriken zur weiteren Verarbeitung abgegeben.

Die Darstellung des essigsauren Kalkes geschieht in der Weise, daß man den rohen Holzessig mit gebranntem und gelöschtem Kalk versetzt, bis alle Essigsäure an Kalk gebunden ist. An Stelle des gebrannten Kalkes kann aber auch kohlensaurer Kalk, also Kalkstein verwendet werden, nur schäumt dann die Flüssigkeit sehr stark, da die Essigsäure die Kohlensäure verdrängt und in Freiheit setzt.

Nach beendeter Neutralisation läßt man die Flüssigkeit mehrere Tage stehen. Es scheidet sich dann eine bedeutende Menge Theer an der Oberfläche ab, welche abgeschöpft wird. Dann dampft man die klare Lösung des essigsauren Kalkes in flachen Eisenpfannen ein, durch Abschöpfen entfernt man die sich an der Oberfläche ansammelnden Theerproducte. Endlich hat die Flüssigkeit eine solche Concentration erreicht, daß sich an ihrer Oberfläche Krusten von essigsaurem Kalk abscheiden. Diese werden abgehoben und in kleineren Pfannen unter beständigem Umrühren vollständig ausgetrocknet.

Der rohe essigsaure Kalk ist eine graue, geruchlose Masse, die bis zu 75% Calciumacetat enthält. Außer diesem ist aber auch noch buttersaurer und propionsaurer Kalk vorhanden, da bei der trockenen Destillation des Holzes auch Buttersäure und Propionsäure gebildet werden. Wollte man solchen, unreinen essigsauren Kalk zur Darstellung von Essigsäure benützen, so würden Buttersäure und Propionsäure in die Essigsäure übergehen, ihr einen höchst widerlichen Geruch ertheilen, und sie zur Herstellung von Speiseessig ungeeignet machen. Dagegen ist der essigsaure Kalk für die meisten technischen Zwecke direct verwendbar, er bildet einen Handelsartikel und wird in der Zeugdruckerei und Färberei als sogenanntes „Rothsalz“ verbraucht.

Will man dagegen aus dem rohen Holzessig eine allen Anforderungen entsprechende Essigsäure gewinnen, so muß zunächst essigsaures Natrium oder Natriumacetat dargestellt werden. Zu diesem Zwecke neutralisirt man den Holzessig mit Soda, läßt die Flüssigkeit einige Tage ruhig stehen, um dem Theere Gelegenheit zur Abscheidung zu geben, und dampft sie dann ebenfalls in flachen Pfannen ein. Ist die Flüssigkeit genügend eingeengt, so bringt man sie in die Krystallisirgefäße. In diesen scheiden sich bald Krystalle von rohem, essigsaurem Natrium ab und es hinterbleibt als Mutterlauge eine bei gewöhnlicher Temperatur gesättigte Lösung von essigsaurem Natrium, die aber auch die Hauptmenge des in dem ursprünglich



Digitized by Google

angewendeten rohen Holzessige enthaltenen buttersauren und propionsauren Natriums enthält. Die Mutterlauge wird neuerdings in die Eindampfpfannen gebracht, endlich häuft sich aber das buttersaure und propionsaure Natrium in solcher Menge an, daß es die Krystallisation des essigsauren Natriums zu beeinflussen beginnt; dann muß die Mutterlauge entfernt und besonders verarbeitet werden.

Die Krystalle von essigsaurem Natrium werden durch Abtropfenlassen oder Abschleudern in einer Centrifuge so vollständig als möglich von der Mutterlauge befreit. Doch gelingt die Entfernung der Mutterlauge nie so vollständig, daß vollständig reines, essigsaures Natrium hinterbleibt. Um solches darzustellen, muß das Salz abermals in Wasser gelöst und durch Filtration über Knochenkohle von den färbenden und riechenden Stoffen befreit werden.

Aber selbst durch dieses Verfahren ist es nicht möglich, ein Salz zu erhalten, das eine vollständig reine Essigsäure liefert. Immer sind noch gewisse, wenn auch sehr geringe Mengen buttersaures und propionsaures Natrium vorhanden, die in die Essigsäure gelangen würden. Der Geruch der Buttersäure ist aber so durchdringend und widerlich, so gewaltig verschieden von dem reinen, aromatischen Geruch der Essigsäure, daß ihre Gegenwart durch den Geruch sich sofort bemerkbar macht. Besonders deutlich tritt der Geruch hervor, wenn man die Essigsäure auf der Handfläche verreibt. Die Essigsäure verflüchtigt sich dann rascher, die minder flüchtige Buttersäure hinterbleibt und kann dann augenblicklich wahrgenommen werden.

Um daher vollständig reine, für Speisezwecke brauchbare Essigsäure zu erhalten, muß ein anderes Verfahren zur Reinigung des essigsauren Natriums eingeschlagen werden. Es besteht darin, daß essigsaures Natrium bis gegen 400° erhitzt werden kann, ohne sich zu zersetzen, während sowohl das buttersaure als auch das propionsaure Natrium schon weit unter diesem Wärmegrade zerstört werden.

Soll nun aus essigsaurem Kalk Essigsäure dargestellt werden, so muß das Salz zerlegt und die Essigsäure in Freiheit gesetzt werden. Man erreicht dies durch Behandlung des essigsauren Kalkes mit einer stärkeren Säure; gewöhnlich wird zu diesem Zwecke Salzsäure benützt. Dann erhält man neben freier Essigsäure salzsauren Kalk oder Chlorcalcium, eine Verbindung, die in Wasser sehr leicht löslich ist.

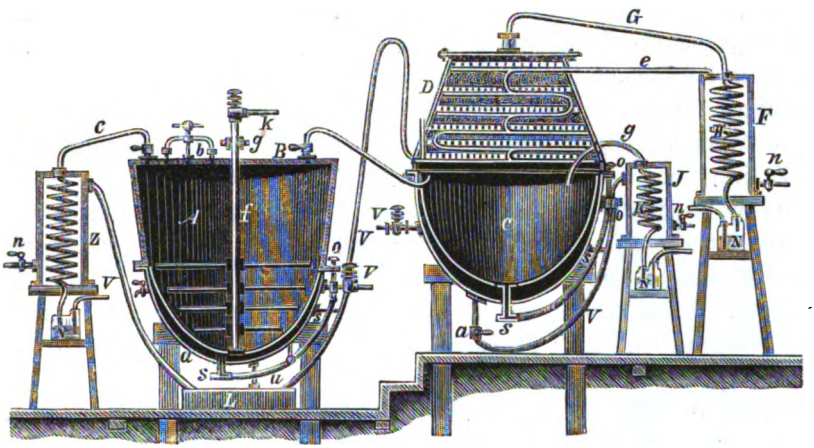
Die Essigsäure wird dann durch Destillation gewonnen. Ehe man die Flüssigkeit aber in den Destillirapparat bringt, läßt man sie etwa 24 Stunden ruhig stehen, um auch hier dem Theere Gelegenheit zu geben, sich an der Oberfläche abzuscheiden. Bei der Zerlegung des Calciumacetates muß ein Säureüberschuß vermieden werden, da die Salzsäure — im Gegensatze zu der Schwefelsäure — flüchtig ist, und die Essigsäure verunreinigen würde.

Die Destillation wird aus einer kupfernen Blase vorgenommen, die gegen die directe Einwirkung des Feuers durch eine eiserne Schale geschützt ist. Das Kühlrohr kann aus Blei angefertigt werden, das von verdünnter Essigsäure, wenn

Digitized by Google

es mit dieser nur kurze Zeit in Berührung bleibt, nur wenig angegriffen wird. Zur Destillation stärkerer Säure dagegen müssen Kühlrohre aus Zinn oder Silber (dies, wenn es sich um die Darstellung hochconcentrirter Essigsäure handelt) Verwendung finden. Die übergehende Essigsäure muß durch Rectification gereinigt und concentrirt werden. Doch gelingt es nach dem Verfahren von Sandmann durch einmalige Destillation eine concentrirte Säure zu erhalten, wenn der folgende Apparat benützt wird.

Der Sandmann'sche Apparat besteht aus dem Kessel A, der aus Kupfer oder emaillirtem Eisen verfertigt ist. Ein Doppelboden a dient für die Dampfheizung, zum Schutze gegen die Säuredämpfe ist er oben mit Chamottemasse bekleidet. Der Deckel B, zu dessen Herstellung Steinzeug dient, besitzt ein Fülloch b.




Apparat zur Gewinnung concentrirter Essigsäure von Sandmann.

Das Dampfrohr K ist von einem zweiten Rohre f umgeben, das mit Armen besetzt ist und als Rührwerk dient, es wird von der Riemenscheibe g aus in Umdrehung versetzt. Das Rohr c steht mit der Kühlschlange h in Verbindung, das mit einem sich nach innen öffnenden Ventile versehene Rohr d führt nach dem Kessel C. Dieses Rohr sowohl, wie die auf ihm sitzende Haube trägt ein Thermometer t, außerdem ist eine Oeffnung p vorhanden.

In der Haube D liegt eine Kühlschlange e. Ferner wird sie mit Glasstreifen ausgelegt, außerdem werden die Zwischenräume mit Glas- oder Porzellanstückchen ausgefüllt, um die aus dem Kessel aufsteigenden Dämpfe auf einer sehr großen Oberfläche zu vertheilen. Dadurch wird ein Theil der Dämpfe schon hier verdichtet und fließt nach C zurück. Die Kühlschlange e wird vom oberen Theile des Kühlgefäßes F mit erwärmtem Wasser gespeist, das kalte Wasser tritt bei n am Boden des Kühlgefäßes ein. Mit Hilfe des Ansatzes rSo kann man A in den Behälter L entleeren, auch C besitzt eine ähnliche Vorrichtung. Wird das Ventil v geöffnet,

Digitized by Google

so strömt Dampf nach den beiden Kesseln, das Rohr a dient zur Ableitung des Condensationswassers.

Der Betrieb dieses Apparates geschieht nun in folgender Weise. Der in ein feines Pulver verwandelte essigsaure Kalk wird in dem Kessel A mit der zu seiner Zersetzung erforderlichen Menge Schwefelsäure unter Benützung des Rührwerkes innig gemischt. Die Dämpfe von Essigsäure, die sich sogleich zu entwickeln beginnen, treten durch d nach C, dieser Kessel wird erwärmt. Die emporsteigenden Dämpfe werden in D in der Weise geschieden, daß concentrirte Essigsäure nach C zurückfällt und der nur wenig Essigsäure mit sich führende Wasserdampf durch g nach h tritt, wo er verdichtet wird. Die Essigsäure, die sich in C ansammelt, wird dadurch immer wasserärmer und concentrirter, der Apparat wird so lange im Gang erhalten, bis aus der Kühlschlange h keine Flüssigkeit mehr abläuft und die in C vorhandene Flüssigkeit auf 118° erwärmt ist. Dann öffnet man das Rohr g, bringt die concentrirte Essigsäure in C zur Verdunstung und verdichtet die Dämpfe in dem Kühler K.

Sobald der Inhalt des Kessels A trocken geworden ist, wird d geschlossen und c geöffnet. Man läßt dann durch k Dampf einströmen, um die noch zurückgebliebene Essigsäure abzutreiben. Diese tritt durch c in das Kühlrohr h, das im Kühler Z liegt und strömt endlich nach S.

Da der essigsaure Kalk immer noch geringe Mengen empyreumatischer Stoffe enthält, so mischt man ihn innig mit solchen Stoffen, welche die Zerstörung des Theeres u. s. w. befördern, wie Kaliumbichromat oder Kaliumpermanganat. Dann erhält man mit Hilfe dieses äußerst sinnreichen und zweckmässigen Apparates in einer Operation direct eine sehr reine und concentrirte Essigsäure.

Handelt es sich um die Darstellung einer vollständig reinen, zu Speisezwecken verwendbaren Essigsäure, so muß von essigsaurem Natrium ausgegangen werden, das man nach den schon geschilderten Verfahren so rein als möglich zu erhalten trachtet. Zur Zerlegung des Salzes verwendet man Schwefelsäure und destillirt dann die freie Essigsäure ab.

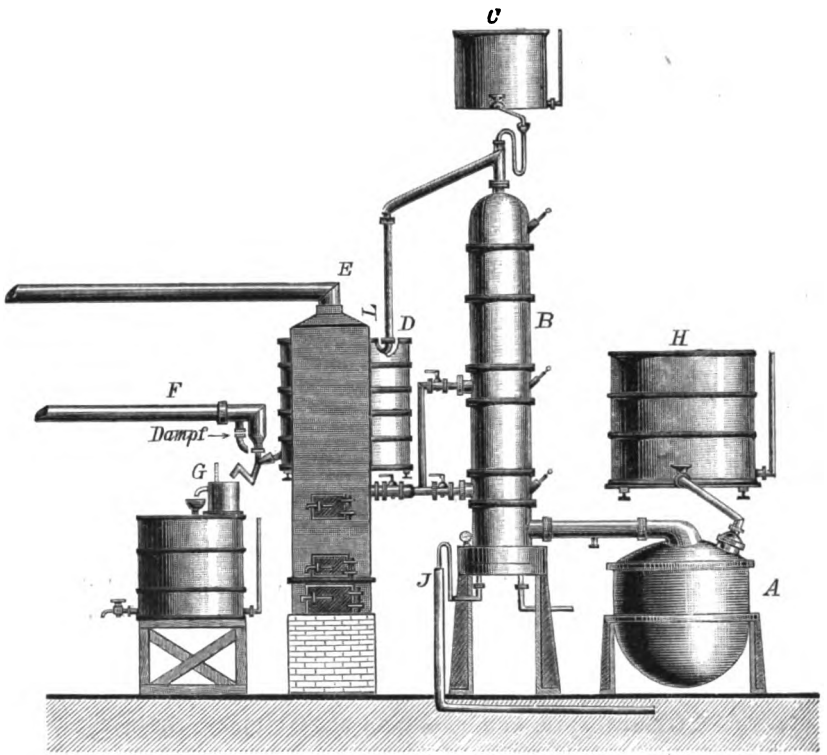
Das durch Krystallisation erhaltene essigsaure Natrium enthält eine beträchtliche Menge Krystallwasser, welches die überdestillirende Säure verdünnen würde. Will man daher eine ganz concentrirte Essigsäure gewinnen, so entwässert man das Salz zunächst, indem man es in eisernen Schalen erhitzt.

Um die bei der ersten Destillation erhaltene Essigsäure vollständig zu reinigen und um sie zu rectificiren, bringt man sie in eine kupferne Destillirblase, deren Helm und Kühlrohr aus Silber bestehen müssen und fügt der Säure vor Beginn der Destillation etwa 2% Mennige (rothes Bleioxyd) oder doppeltchromsaures Kalium zu. Beide Stoffe geben in Berührung mit oxydirbaren Körpern Sauerstoff ab, welcher etwa vorhandene schweflige Säure — entstanden durch Reduction der zur Zerlegung verwendeten Schwefelsäure — wieder zu Schwefelsäure, und empyreumatische Stoffe zu geruch- und geschmacklosen Verbindungen oxydirt. Die langsam überdestillirte Säure schmeckt dann rein sauer und besitzt keinen empyreumatischen Geruch.

Digitized by Google

Die reine, concentrirte Essigsäure des Handels enthält 90 bis 96% Essigsäure, der Rest ist Wasser. Für manche Zwecke benöthigt man jedoch eine völlig wasserfreie Säure, die unter der Benennung Acidum glaciale oder „Eisessig" im Handel vorkommt. Dieser Name rührt daher, daß die reine Essigsäure schon bei 16° zu farblosen, eisähnlichen Krystallen erstarrt.

Zur Gewinnung von Eisessig können zwei Wege eingeschlagen werden. Einen derselben haben wir schon kennen gelernt: man destillirt vollständig ent-




Rohrmann's Apparat zur Darstellung concentrirter Essigsäure.

wässertes essigsaures Natrium mit wasserfreier Schwefelsäure und erhält dann direct eine wasserfreie Säure von den angegebenen Eigenschaften. Das andere Verfahren besteht darin, daß man der gewöhnlichen Essigsäure durch geeignete Mittel das Wasser entzieht.

Die Entwässerung der Essigsäure kann durch Chlorcalcium geschehen, das die Eigenschaft besitzt, begierig Wasser anzuziehen. Doch erhält man dann stets ein salzsäurehaltiges Product, das noch einer weiteren Reinigung bedarf. Zu diesem Zwecke destillirt man die zu reinigende Säure neuerdings mit einem Ueberschusse an wasserfreien essigsaurem Natrium, aus welchem die Salzsäure eine ent-

Digitized by Google

sprechende Menge Essigsäure in Freiheit setzt, während sie selbst an Natrium gebunden wird.

Ein von den gebräuchlichen Methoden vollständig verschiedenes Verfahren schlägt dagegen L. Rohrmann ein, zu dessen Ausführung der auf Seite 727 abgebildete Apparat dient. In dem Gefäße C befindet sich concentrirte Schwefelsäure, die über zahlreiche, in der Säule B angeordnete Platten herabrieselt. Gleichzeitig wird in der Blase A die zu concentrirende Essigsäure verdampft, die Dämpfe treten in die Säule B ein, treffen hier mit der concentrirten Schwefelsäure zusammen und werden ihres Wassergehaltes beraubt. Die dadurch verdünnte Schwefelsäure fließt durch das Heberrohr I nach einem Behälter ab, die Dämpfe der Essigsäure condensiren sich in D.

In dem Ofen E wird heiße Luft erzeugt und mit Hilfe eines Ventilators, der bei L angetrieben wird, in den Thurm eingeblasen. Die Temperatur im Thurme wird zwischen 116 bis 120° gehalten. Dadurch wird einerseits die vorzeitige Verdichtung der Essigsäure im Thurme verhindert, andererseits aber auch die Entfernung empyreumatischer Stoffe bewirkt. Durch die mit F bezeichnete Vorrichtung wird das Empyreuma continuirlich aus dem Thurme abgesogen, bei G fließt die reine, farblose und concentrirte Essigsäure ab, H ist ein Vorrathsbehälter für Säure, die von hier nach dem Zersetzungs- und Destillirgefäße A abgelassen wird.

Diese äußerst sinnreiche Vorrichtung gestattet aus dem essigsaurem Kalk bei Zerlegung mit Salzsäure eine etwa 80%ige, bei Zerlegung mit Schwefelsäure aber direct 96 bis 100%ige Essigsäure zu gewinnen.

Die Essigsäure dient einerseits zur Darstellung von Speiseessig, dann wird sie so stark mit Wasser verdünnt, daß die resultirende Flüssigkeit 4 bis 8% Essigsäure enthält. Andererseits wird sie aber zu vielen Zwecken in der Technik angewendet. Man benützt sie zur Bereitung von Salzen, wie essigsaures Blei, gewöhnlich Bleizucker geheißen, Grünspan (essigsaures Kupfer) u. s. f. Essigsaure Thonerde wird in der Färberei verwendet.

Aus dem rohen Holzessig, der neben dem Holztheere bei der trockenen Destillation des Holzes erhalten wird, kann aber nicht nur Essigsäure dargestellt werden; bei der rationellen Verarbeitung dieses Rohproductes erhält man noch zwei weitere Körper, die ebenfalls für die Technik von Bedeutung sind: den Holzgeist und das Aceton.

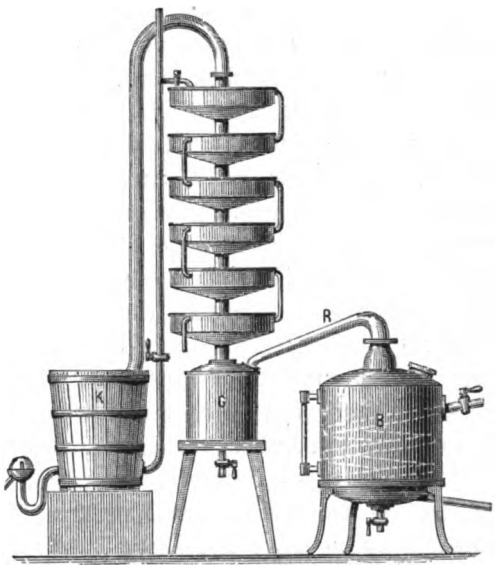
Der rohe Holzgeist, wie er durch Destillation des rohen Holzessigs erhalten wird, ist eine grünlich-gelbe Flüssigkeit, die einen recht unangenehmen Geruch besitzt und in diesem Zustande der Unreinheit kaum irgend welche Verwendung finden kann. Dagegen enthält er einen Stoff, der eine hervorragende Rolle in der Fabrikation der Anilinfarben spielt, es ist dies der reine Holzgeist oder Methylalkohol.

Die Beziehungen, in welchen der Methylalkohol zu dem durch die geistige Gährung entstehenden Aethylalkohol steht, haben wir in dem Abschnitte über die Spiritusfabrikation schon dargelegt. Wir können uns deshalb gleich der Gewinnung des Holzgeistes selbst zuwenden.

Digitized by Google

Um aus dem rohen Holzgeiste ein Product von solcher Reinheit zu erhalten, daß es in der Farbenfabrikation Verwendung finden kann, verfährt man auf folgende Art: Man bringt den rohen Holzgeist in die Blase eines Destillirapparates, fügt gelöschten Kalk hinzu und läßt die Flüssigkeit mehrere Stunden stehen. Bald nach dem Zusatze des Kalkes beginnt sich die Flüssigkeit zu erwärmen, die vorhandenen freien Säuren verbinden sich mit dem Kalk, der vorhandene Essigsäure-Methyläther wird in essigsauren Kalk und Methylalkohol zerlegt, und endlich entwickeln sich auch geringe Mengen von Ammoniak.

Der Destillirapparat besitzt im Wesentlichen die gleiche Einrichtung wie jene Geräthe, deren man sich zur Gewinnung des hochrectificirten Weingeistes bedient. Auf dem Helme der Blase B sitzt ein nach abwärts gebogenes Rohr R, das in das Gefäß G mündet. Ueber diesem erhebt sich ein System von sechs Dephlegmationsvorrichtungen, von der obersten führt das absteigende Rohr zu dem Kühler K.



Apparat zur Gewinnung von Methylalkohol.

Man erhält auf diese Weise wohl ein farbloses Product, doch wird es bei längerem Stehen nach und nach dunkelbraun. Es ist daher auch nur zur Fabrikation von Firnissen geeignet. Wird solcher Holzgeist mit Wasser verdünnt, so verwandelt er sich in eine durch ausgeschiedene Substanzen getrübte, milchähnliche Flüssigkeit.

Dieses Verhalten wird benützt, um den Holzgeist weiter zu reinigen. Man verdünnt ihn mit Wasser nnd bringt dadurch gewisse verunreinigende Bestandtheile zur Ausscheidung. Dann überläßt man die Flüssigkeit einige Tage der Ruhe, sie klärt sich und auf ihrer Oberfläche scheidet sich eine ölartige Schicht ab, die abgeschöpft wird. Nun unterwirft man den Holzgeist nochmals der Destillation und rectificirt ihn schließlich in der Weise, daß man nur die zwischen 64 und 66° C. übergehende Fraction auffängt; reiner Methylalkohol siedet zwischen 65·6 und 66·2° C.

Das Product, welches man nach dem eben geschilderten Verfahren gewinnt, ist aber immer noch nicht so rein, daß es allen Ansprüchen, besonders denen des Farbenfabrikanten zu genügen vermag. Dagegen kann es mit großem Vortheile zur Darstellung flüchtiger, rasch trocknender Firnisse verwendet werden und dann bildet es ein ganz brauchbares Ersatzmittel für den wesentlich theureren Aethyl-

Digitized by Google

alkohol. Soll der Methylalkohol dagegen in der Theerfarbenindustrie Verwendung finden, so muß darauf hingearbeitet werden, ein sehr reines Product zu erhalten und dies gelingt nach verschiedenen, allerdings complicirteren Verfahren.

Wie die Trennung der Essigsäure von den sie im rohen Holzessig begleitenden verunreinigenden Bestandtheilen nur in der Weise gelingt, daß man sie in ein Salz, in essigsauren Kalk überführt, so kann auch die Reinigung des Holzgeistes nur dadurch geschehen, daß man ebenfalls den flüchtigen Methylalkohol in eine nicht flüchtige, feste Verbindung überführt, während die anderen Substanzen in Lösung bleiben. Nun sind aber die Alkohole verhältnismäßig wenig reactionsfähige Körper, die im Gegensatze zu den Säuren wenig geneigt sind, krystallisirende Verbindungen einzugehen. Wohl entsteht, wenn metallisches Natrium in Alkohol eingetragen wird, eine krystallisirende Verbindung, doch wäre dieses Verfahren zu theuer, um in der Praxis Anwendung zu finden. Doch sind wir jetzt schon auf dem Wege, der zum Ziele führt. Das Natrium tritt an Stelle von Wasserstoff im Alkoholmolecüle, doch besitzt nur ein Wasserstoffatom, wie wir schon an einer früheren Stelle ausgeführt haben, die Eigenschaft, durch Natrium vertreten zu werden. An Stelle dieses Atoms können aber auch Atomcomplexe organischer Natur treten, beispielsweise organische Säuren, und diesen gegenüber spielt dann der Alkohol die Rolle eines Metalles oder einer Base: es entsteht eine Verbindung, die gewissermaßen den Charakter eines Salzes — im chemischen Sinne dieses Wortes — besitzt. Allerdings nennen wir solche Verbindungen eines Alkohols mit einer Säure nicht ein „Salz", sondern wir bezeichnen sie als Ester oder „zusammengesetzte Aether".

Erwärmt man beispielsweise Holzgeist mit Oxalsäure — eine organische Säure, deren Gewinnung wir auch noch in diesem Abschnitte kennen lernen werden — so verbindet sich diese mit dem Methylalkohol. Läßt man nun die Flüssigkeit erkalten, so krystallisirt der Oxalsäuremethylester aus. Er wird gesammelt und durch Absaugen auf einem Nutschfilter von dem flüssigen Antheile, der die Verunreinigungen enthält, befreit. Dann haben wir also den Methylalkohol in einer vollständig reinen und einheitlichen Verbindung vor uns, die das Ausgangsmaterial zur Gewinnung eines reinen Productes ermöglicht.

Zu diesem Zwecke brauchen wir nur diese Verbindung, den Oxalsäuremethylester zu zerlegen. Dies geschieht, indem wir ihn mit einer Substanz zusammenbringen, mit welcher die Oxalsäure eine festere Verbindung eingeht, wie mit dem Methylalkohol. Am einfachsten gelingt dies, wenn wir der Oxalsäure Gelegenheit geben, ein richtiges Salz mit einer anorganischen Base zu bilden, indem wir beispielsweise Kalilauge zufügen. Dann entsteht oxalsaures Kalium, der Ester wird zerlegt, „verseift", wie der technische Ausdruck lautet, und als einzigen flüchtigen Bestandtheil haben wir nun den reinen Methylalkohol, der durch Destillation gewonnen wird.

Auch Ameisensäure oder Benzoesäure können wir zu dem gleichen Zwecke verwenden, der Methylalkohol wird dann noch mehrmals rectificirt und endlich

Digitized by Google

vollständig entwässert, indem man ihn mit frisch gebranntem Kalk oder mit metallischem, zu Draht gepreßtem Natrium stehen läßt.

Je nach seiner Reinheit findet der Holzgeist zu den verschiedensten Zwecken Verwendung. Die unmittelbar aus dem rohen Holzgeiste erhaltene erste Rectification dient, wie erwähnt, als Ersatzmittel für Aethylalkohol, sie bildet aber auch einen Bestandtheil der als Conservirungsmittel dienenden Wickersheimer'schen Flüssigkeit, die im Wesentlichen eine Lösung von Alaun, Kochsalz, Salpeter, Potasche, arseniger Säure in Wasser, dann Glycerin und Methylalkohol ist, und zum Einbalsamiren von Leichen, zur Aufbewahrung von Cadavertheilen u. s. w. dient. Ferner wird der Holzgeist auch zur Denaturirung von Spiritus, um ihn zu Genußzwecken untauglich zu machen, ohne jedoch seine Verwendung in der Technik zu verhindern, zur Darstellung der Theerfarben und noch in mancher anderer Weise verwendet.

Das Aceton, das ebenfalls aus dem rohen Holzessig erhalten werden kann, ist eine farblose Flüssigkeit, die ätherisch riecht und brennend schmeckt, sie siedet bei 56°, und ist ein ausgezeichnetes Lösungsmittel für Fette, Harze, ätherische Oele, Schießbaumwolle u. s. f. Zu seiner Darstellung benützt man gewöhnlich die Eigenschaft des essigsauren Kalkes, beim Erhitzen über 200° Aceton abzuspalten. Man nimmt die Erhitzung in liegenden Cylindern vor, in denen sich ein Rührwerk bewegt, die Dämpfe entweichen durch ein Rohr und werden in einer Kühlvorrichtung verdichtet, die des niederen Siedepunktes des Acetons wegen mit sehr kaltem Wasser oder mit Eis gespeist wird. In dem Kessel hinterbleibt dann kohlensaurer Kalk, der neuerdings zur Bereitung von essigsaurem Kalk dient.

Das auf diese Weise gewonnene rohe Aceton wird dann noch durch mehrmalige Rectification gereinigt, wobei man, um unveränderte Essigsäure zu binden, Kalk zusetzt.

Das Aceton wird in der Farbenindustrie, zur Fabrikation von Lacken und verschiedenen Präparaten angewendet. Große Mengen werden auch zur Fabrikation des rauchschwachen Schießpulvers verbraucht. Wie wir wissen ist dieses Präparat Nitrocellulose; um sie zu körnen löst man sie in Aceton und stellt durch Verdampfen des Lösungsmittels dünne Platten her, die in rechteckige Stückchen zerschnitten werden.

Auch der Holztheer muß als Rohproduct angesehen werden, aus dem noch verschiedene werthvolle Bestandtheile gewonnen werden können. Je nach der Holzart, die man der trockenen Destillation unterwarf, besitzt er eine verschiedene Zusammensetzung und verschiedene Eigenschaften. Er kann zu manchen Zwecken auch im rohen Zustande Verwendung finden, so als conservirender Holzanstrich, zur Darstellung von Ruß und endlich als Brennmaterial in solchen Gegenden, in denen eine weitere Verarbeitung nicht lohnend wäre. Der Birkentheer dient zur Bereitung des Juchtenleders, und er ist es, der dieser Ledersorte den charakteristischen Geruch verleiht.

Unterwirft man den Holztheer der Destillation, so entweicht zunächst Methylalkohol und Essigsäure. Bis 150° destillirt dann das sogenannte leichte Theeröl

Digitized by Google

oder Brandöl über; es besteht aus einem eigenthümlichen Körper, dem Eupion und enthält, wenn es aus Theer von harzreichen Hölzern stammt, beträchtliche Mengen rohes Terpentinöl, sogenanntes Kienöl. Steigert man die Erhitzung über 150°, so erhält man schweres Theeröl, dem später ein dickes, paraffinhaltiges Oel folgt. Je höher die Temperatur über 250° steigt, desto mehr Paraffin enthält das Destillat, später treten Gase auf, es sublimirt Anthracen und endlich hinterbleibt in der Retorte ein harter, poröser Coaks. Unterbricht man dagegen die Destillation schon bei 250°, so findet man in der Destillirblase ein braunschwarzes, glänzendes Pech, das zur Bereitung von Schusterpech, Wagenfett, Brauerpech, zur Briquettfabrikation u. s. w. Verwendung findet.

Aus dem schweren Theeröle wird das von Reichenbach entdeckte Kreosot gewonnen, eine Flüssigkeit von durchdringendem Rauchgeruche. Es dient zu medicinischen Zwecken und zur Schnellräucherung; auch als Desinfectionsmittel ist es brauchbar, doch wird es kaum mehr zu diesem Zwecke verwendet, da ihm in dem viel billigeren Steinkohlenkreosot, der Carbolsäure eine unbesiegbare Concurrenz erwachsen ist. Ueberhaupt hat die weitere Verarbeitung des Holztheeres viel von ihrer ursprünglichen Bedeutung verloren, seit in Folge der Einführung der Fabrikation des Leuchtgases aus Steinkohlen der Steinkohlentheer in großen Mengen producirt und nach rationellen Verfahren verarbeitet wird. Auch das aus dem Holztheere, besonders aus dem Buchentheere darstellbare Paraffin spielt heute auf dem Markte keine Rolle, da dieses wichtige Product zu bedeutend billigeren Preisen aus der Braunkohle oder aus dem Rohpetroleum gewonnen werden kann.

Ein Product, das in vielen chemischen Industrien angewendet wird, ist die Oxalsäure. Sie bildet geruchlose, farblose Krystalle, schmeckt stark sauer und ist gleich der Essigsäure und Ameisensäure eine organische Säure. Sie kommt in der Natur in manchen Pflanzen fertig gebildet vor, so rührt der angenehme, saure Geschmack der Rumexarten (Sauerampfer) von einem Gehalte an Oxalsäure her. An ihrer Zusammensetzung betheiligen sich nur die Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff; auf künstlichem Wege gelingt es Oxalsäure darzustellen, wenn man Kohlehydrate mit Oxydationsmitteln behandelt. Ursprünglich ging man in der Weise zu Werke, daß man Zucker mit Salpetersäure oxydirte, dieses Verfahren ist aber viel zu theuer, um die von der Technik benöthigen Oxalsäuremengen zu dem erforderlichen billigen Preise zu liefern. Die Cellulose gehört aber, wie wir wissen, ebenfalls zu den Kohlehydraten, und es lag daher der Gedanke nahe, diesen billig zu beschaffenden Körper zur Darstellung der Oxalsäure, auch „Kleesäure" geheißen, heranzuziehen.

Die Umwandlung von Cellulose in Oxalsäure gelingt leicht, wenn man sie mit Alkalien erhitzt. Zu diesem Zwecke werden Sägespäne, und zwar im Verhältnisse 1 : 2 mit Alkalihydrat bei einer 240° nicht übersteigenden Temperatur geschmolzen. Es entsteht das Alkalisalz der Oxalsäure, das dann aus der Schmelze gewonnen und zur Darstellung der freien Oxalsäure verwendet wird.

Digitized by Google

Kali- und Natronhydrat verhalten sich in der Regel ganz gleich, d. h. für die meisten Zwecke ist es einerlei, ob man die eine oder die andere Verbindung verwendet, der Billigkeit wegen bedient man sich aber stets des Aetznatrons. Man sollte nun glauben, daß die Einwirkung jeder dieser beiden Basen auf Holz die gleiche sei. Dies ist aber nicht der Fall, vielmehr erhält man eine bedeutend größere Ausbeute an Oxalsäure, wenn die Sägespäne mit Kalihydrat geschmolzen werden. Die gleiche Ausbeute wird aber auch erhalten, wenn man an Stelle des reinen Kalihydrates ein Gemenge von 60 Theilen Aetznatron und 40 Theilen Aetzkali anwendet.

Das Schmelzen der Sägespäne mit dem Gemische von Aetznatron und Aetzkali wird in flachen, mit einer Rührvorrichtung versehenen Pfannen vorgenommen. Zunächst verdampft Wasser, die Masse färbt sich tiefbraun, entwickelt einen eigenthümlichen Geruch und wird bei 180° endlich grünlich-gelb. Sobald keine Holztheilchen mehr wahrnehmbar sind, bringt man die Schmelze, ehe sie erkaltet ist, in warmes Wasser, engt die entstehende Lösung ein und läßt sie abkühlen. Dann scheiden sich Krystalle von oxalsaurem Natrium aus, die in einer Filterpresse oder in der Centrifuge von der Mutterlauge getrennt und mit kaltem Wasser gewaschen werden.

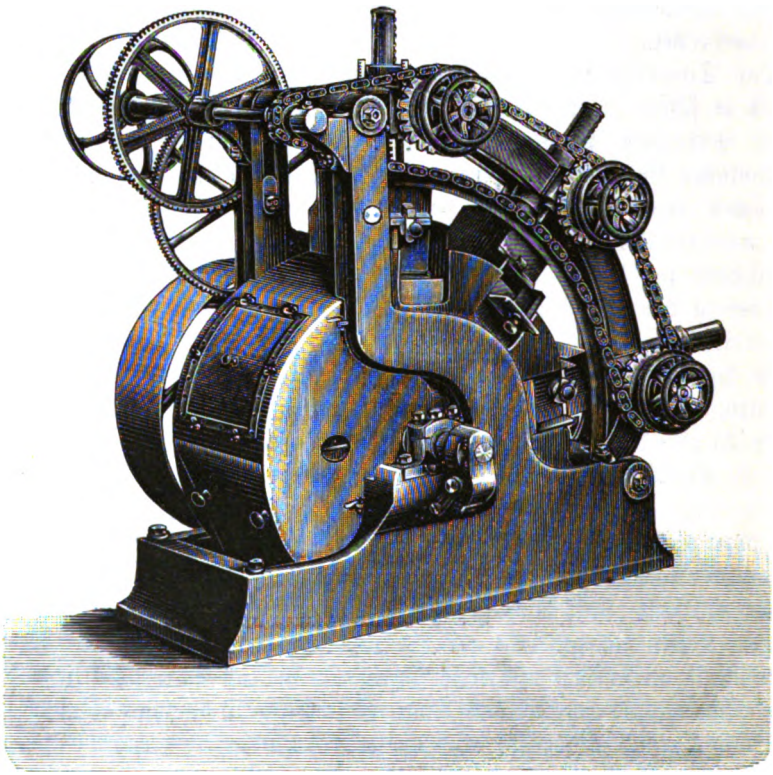
Es handelt sich nun darum, aus dem oxalsauren Natrium freie Oxalsäure darzustellen. Am einfachsten würde dies durch Zerlegung mit Schwefelsäure geschehen, da aber die Oxalsäure nicht wie die Essigsäure flüchtig ist und daher auch nicht durch Destillation abgeschieden und gewonnen werden kann, muß ein anderes Verfahren eingeschlagen werden. Man versetzt zu diesem Zwecke eine concentrirte Lösung von oxalsaurem Natrium mit Kalk und erhitzt zum Kochen. Es entsteht dann oxalsaurer Kalk, der unlöslich ist, während Natronhydrat in Lösung geht.

Der oxalsaure Kalk wird gesammelt und mit Schwefelsäure in mit Blei ausgekleideten Kästen zerlegt. Es entsteht schwefelsaurer Kalk (Gips), der sich zum größten Theile ausscheidet und freie Oxalsäure, die sich auflöst. Diese Lösung wird zunächst eingeengt, es scheidet sich dann noch Gips aus, worauf man die klare Lösung von Oxalsäure abzieht, noch weiter concentrirt und endlich der Krystallisation überläßt. Man trennt die Krystalle von der Mutterlauge, wäscht sie in der Centrifuge mit kaltem Wasser und reinigt sie schließlich durch nochmalige Krystallisation. Auf diese Weise erhält man ein Product, das zwar noch geringe Mengen Schwefelsäure, Kalium- und Natriumoxalat enthält, für die meisten technischen Zwecke aber genügend rein ist.

Die Oxalsäure findet in der Kattundruckerei, im Woll- und Seidendruck und in der Färberei Verwendung. Man bedient sich ihrer oder des sauren oxalsauren Kaliums, des sogenannten „Kleesalzes" zur Entfernung von Tintenflecken und Rostflecken, manche Tinten werden unter Verwendung von Oxalsäure bereitet, Eisenoxyduloxalat dient als sogenannter „Oxalatentwickler" in der Photographie u. s. f. Die Oxalsäure ist also ein sehr wichtiger Körper der zu den verschiedensten Zwecken gebraucht wird.

Digitized by Google

Durch die trockene Destillation des Holzes oder durch das Schmelzen desselben mit Alkali wird die Cellulose in andere Producte übergeführt, die technisch von Bedeutung sind. Aber auch die Cellulose selbst wird zu verschiedenen Zwecken verwendet. Das Papier besteht bekanntlich aus sehr reiner Cellulose, zu seiner Darstellung verwendete man früher ausschließlich Leinenlumpen, die Cellulose in sehr reiner Form enthalten. Der Verbrauch an Papier erfuhr und erfährt aber



Holzschleifmaschine von Voith.

von Jahr zu Jahr eine bedeutende Steigerung und dadurch war auch eine Preissteigerung der Leinwandlumpen bedingt, abgesehen davon, daß es auf die Dauer nicht möglich gewesen wäre, die zur Papierfabrikation erforderliche Menge Leinwandabfälle zu beschaffen. Das Streben zahlreicher Chemiker war daher darauf gerichtet, auch die Holzcellulose zur Papierfabrikation geeignet zu machen.

Zunächst zog man das Stroh zu diesem Zwecke heran und es gelang thatsächlich, es mit größerem oder geringerem Erfolge in eine Masse zu verwandeln, die zur Papierfabrikation tauglich war. Dann aber wendete man sich jener Substanz zu, welche die größte Menge Cellulose enthält: dem Holze.

Digitized by Google

Das älteste Verfahren dieser Art, das auch heute noch in großen Fabriken ausgeübt wird, besteht darin, daß man das Holz durch mechanische Mittel, wie durch Andrücken an einen schnell rotirenden Schleifstein in feine Fasern zerreißt, diese durch Sieben, Schlämmen und Mahlen von den gröberen Beimengungen trennt und endlich durch Pressen entwässert.

Dadurch erhält man aber nichts weiter als zerfasertes Holz; die einzelnen Gefäßbündel sind immer noch von der „incrustirenden Substanz", dem Lignin umgeben, und dieser „Holzstoff" kann daher nur als Beimengung zum Papierstoff, der aus reiner Cellulose besteht, oder für sich allein zur Darstellung ordinärer Papiersorten verwendet werden.

Setzt man Holz der Einwirkung von gespanntem Wasserdampfe aus, so wird es, sobald der Dampf einige Zeit lang eingewirkt hat, sehr biegsam. Auf diesem Verhalten beruht die Fabrikation der Möbel aus massiv gebogenem Holze. Außerdem giebt das Holz aber auch einen großen Theil der in ihm enthaltenen löslichen Stoffe ab und der Zusammenhang der Gefäßbündel wird wesentlich gelockert. Solches gedämpftes Holz läßt sich dann viel leichter in „Holzschliff" umwandeln wie rohes, die erhaltenen Fasern sind länger und solcher Holzstoff ist auch direct verwendbar, um braunes Packpapier, Tapetenpapier und selbst feste Pappen herzustellen.

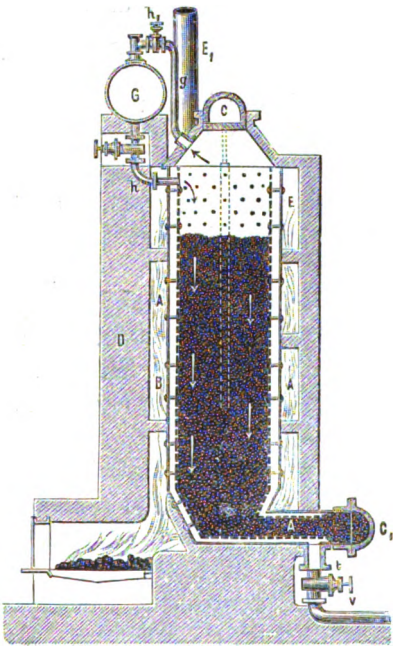
Der wesentlichste Umstand aber, der der Verwendung des Holzstoffes zur Erzeugung besserer Papiersorten im Wege steht, liegt darin, daß es unmöglich ist, ihn vollständig zu bleichen. Selbst Chlor zeigt nicht die gewünschte Wirkung, es ertheilt manchen Hölzern eine ins Röthliche neigende Farbe, ohne aber den braunen Ton des Holzes ganz verschwinden zu machen.

Die beschränkte Verwendbarkeit des Holzstoffes zur Papierfabrikation liegt aber nur darin, daß er eben nicht reine Cellulose, sondern ein Gemenge von Cellulose und Lignin ist. Das Streben der Chemiker war daher darauf gerichtet, die Cellulose der Holzfaser von der incrustirenden Substanz zu befreien, und dies gelingt nach zwei Verfahren, die man nach den dabei zur Verwendung kommenden Agentien als „Natronverfahren" und als „Sulfitverfahren" bezeichnet. Der jüngsten Zeit entstammt noch ein drittes, das „elektrische" Verfahren von Kellner.

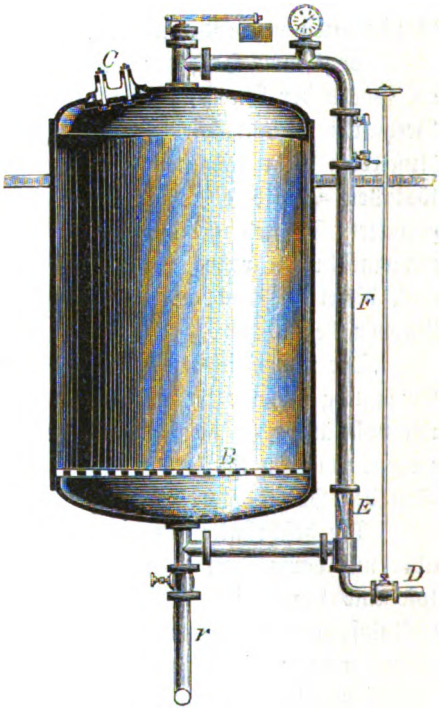
Zur Darstellung von Cellulose nach dem Natronverfahren wird das in Scheiben geschnittene Holz mehrere Stunden lang mit Natronlauge bei einem Drucke von 6 bis 8 Atmosphären in einem geschlossenen Gefäße gekocht. Dann wird die Lauge abgelassen und der im Kocher hinterbleibende Zellstoff mit Wasser und strömendem Dampf gewaschen. Die Lauge selbst kann mehrmals verwendet werden; ist sie schließlich mit organischer Substanz zu sehr beladen, so wird sie zur Trockene verdampft. Das Aetznatron wird geglüht und kann nun, da die organischen Substanzen zerstört sind, abermals zur Bereitung von Lauge dienen. Dies ist ein großer Vortheil dieses Verfahrens, da sich das Aetznatron im Kreislaufe befindet und nur die unvermeidlichen Verluste gedeckt werden müssen; diese betragen 5 bis 6 kg für je 100 kg trockene Cellulose.

Digitized by Google

Die Kocher, in denen man das Holz mit Natronlauge behandelt, besitzen folgende Einrichtung: In dem an beiden Enden conisch zulaufenden Cylinder A, der oben ein Mannloch C, unten einen horizontalen Ansatz C, zur Entfernung der gekochten Holzmasse und ein Abflußrohr b für die Lauge besitzt, steckt ein etwas kleineres, gelochtes Blechgefäß, das durch C mit Holz beschickt wird; der Raum zwischen beiden Kesseln ist bestimmt, die freie Circulation der Lauge zu ermöglichen. Der neben dem Kocher befindliche Behälter G dient als Laugenreservoir. Um von hier aus während des Kochprocesses Lauge nach C treten lassen




Kocher zur Herstellung von Cellulose.




Kocher mit Körting'schem Injector.

zu können, ist G mit C durch das Rohr h verbunden, ein zweites Rohr g führt von der Wölbung des Behälters nach dem Kocher, so daß in beiden Gefäßen der gleiche Druck herrscht. Durch den Raum ABE ziehen die Feuergase und bringen die im Kocher befindliche Lauge zum Sieden.

Diese Apparate besitzen aber den Uebelstand, daß die Lauge nur wenig circulirt. Man wendet daher auch Kocher mit den bekannten Körting'schen Injectoren an und erreicht dadurch, daß sich die Lauge fortwährend in Bewegung befindet. Einen solchen Kocher veranschaulicht die obenstehende Abbildung. Das auszukochende Holz ruht auf dem gelochten Boden B und wird durch das Mannloch C eingefüllt. Das Steigrohr F ist bei E mit einem Körting'schen Injector.

Digitized by Google

dessen Construction wir schon an einer früheren Stelle dieses Buches kennen lernten, versehen, durch das Rohr D steht er mit der Dampfzuleitung in Verbindung. Ist nun der Injector in Thätigkeit, so saugt er die unter dem Siebboden B stehende Lauge an, und treibt sie in F in die Höhe, sie ergießt sich dann immer aufs neue über das auszukochende Holz. Um aber diesen Kreislauf zu ermöglichen, muß der Druck im Dampfrohre stets etwa eine Atmosphäre höher sein als im Kocher; das Rohr r dient zum Ablassen der Lauge.

Das Sulfitverfahren unterscheidet sich von der Darstellung der Cellulose mittelst Natronlauge im Wesentlichen nur darin, daß eben zur Entfernung der incrustirenden Substanz Lösungen von Sulfiten angewendet werden. Sulfite sind die Salze der schwefligen Säure, die man durch Verbrennen von Schwefel, Rösten von Schwefelkiesen u. s. f. erhält. Zur Cellulosefabrikation wendet man gewöhnlich Calcium- oder Magnesiumsulfit an. Man stellt diese Salze, beziehungsweise ihre Lösungen dar, indem man schweflige Säure auf Magnesit, d. i. kohlensaures Magnesium oder auf Kalkstein wirken läßt. Da die Kohlensäure aber nur bei höherer Temperatur vollständig von der schwefligen Säure verdrängt wird, so wendet man gewöhnlich gebrannten Magnesit oder Kalk an. Das Material wird in hohen Thürmen auf einem durchbrochenen Gewölbe aufgeschichtet. Von unten läßt man die schweflige Säure zutreten, von oben strömt, durch eine Brause vertheilt, Wasser zu. Unten fließt dann eine Lösung von Calcium-, beziehungsweise Magnesiumsulfit ab, die direct nach den Kochern geleitet wird. Um Verluste an schwefliger Säure nach Möglichkeit zu verhindern, verbindet man gewöhnlich mehrere solcher Thürme zu einem Systeme, so daß im zweiten und dritten Thurme die noch nicht absorbirte schweflige Säure Gelegenheit findet, von frischem Kalk oder frischer Magnesia aufgenommen zu werden.

Die Kocher, welche man zur Ausführung des Sulfitverfahrens benützt, sind größer als jene, in denen man nach dem Natronverfahren arbeitet, da der Kochproceß hier längere Zeit beansprucht. Dagegen ist ein weit geringerer Druck erforderlich, auch erhält man eine fast weiße Cellulose.

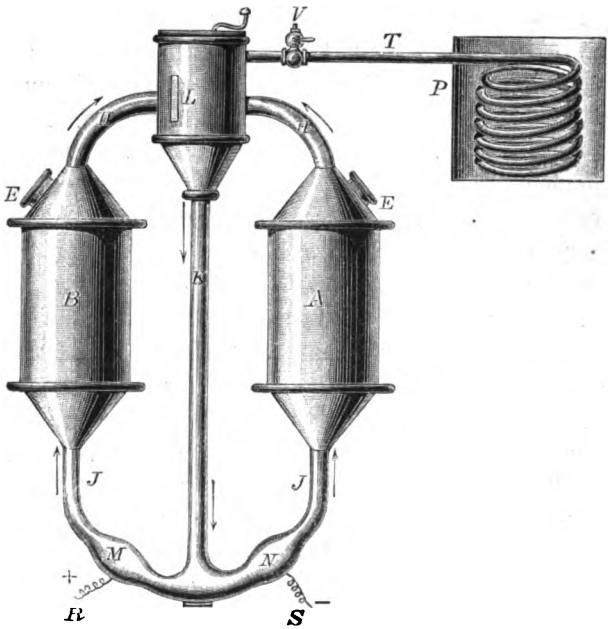
Das elektrische Verfahren von Kellner beruht auf dem gleichen Principe wie der schon beschriebene Apparat, den Kellner zur Erzeugung von Bleichflüssigkeiten mit Hilfe des elektrischen Stromes angegeben hat. Die drei Kocher B, A und L stehen durch die Rohre H, J, M, N und K untereinander in Verbindung, bei R und S tritt der positive, beziehungsweise der negative Pol in die Vorrichtung ein. Der Kocher B wird durch das Mannloch E mit Holz beschickt, dann wird der Apparat mit einer solchen Menge etwa 8%iger Kochsalzlösung gefüllt, daß diese an dem Wasserstandsanzeiger L, der am Zwischenkessel angebracht ist, sichtbar wird. In A und B liegen Schlangenrohre, durch welche der Heizdampf circulirt; hat die Temperatur 128° erreicht, so wird der Strom geschlossen. Er wirkt nun zersetzend auf die Kochsalzlösung ein, und zwar entsteht einerseits Chlor und unterchlorige Säure, andererseits Aetznatron. Beide Stoffe steigen durch B, beziehungsweise A auf und treffen in L wieder zusammen, wo



Digitized by Google

sie sich zu Kochsalz vereinigen. Die Kochsalzlösung gelangt durch das Rohr K wieder nach unten, wird abermals elektrolysirt u. s. f. Um den Apparat besser auszunützen, beschickt man auch A mit Holz und kehrt die Richtung des Stromes öfters um, das Holz unterliegt dann einer abwechselnden Einwirkung von Chlor und unterchloriger Säure und von Natronlauge, wodurch sehr gute Erfolge erzielt werden. Während des Betriebes sammeln sich in L Gase an, die von Zeit zu Zeit durch das Ventil V und das Rohr T nach dem Condensator P geleitet werden.

Die geschilderten Verfahren der Darstellung von Essigsäure, Holzgeist, Oxalsäure, Cellulose, die Verarbeitung des Holztheeres und endlich die Gewinnung der Holzkohle bei der trockenen Destillation des Holzes geben uns wohl einen Begriff von den verschiedenen Stoffen, die aus dem Holze gewonnen werden können, damit haben wir aber noch lange nicht alle Verwerthungsarten des Holzes erschöpft. Vielmehr können noch verschiedene andere, für gewisse Zweige der Technik höchst wichtige Stoffe aus dem Holze gewonnen werden, theils sind diese Stoffe schon fertig in der Holz- oder Rindensubstanz enthalten, theils entstehen sie daraus durch Anwendung bestimmter Verfahren.



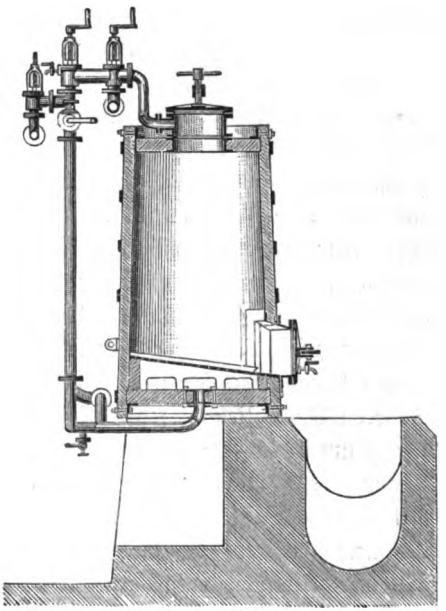

Apparat von Kellner zur Erzeugung von Cellulose mit Hilfe des elektrischen Stromes.

Die Rinde der Mehrzahl unserer Waldbäume enthält beispielsweise Stoffe, die man unter dem Gesammtnamen „Gerbstoff“ zusammenfaßt. Im zerkleinerten Zustande bilden diese Rinden in Form von „Lohe“ die Hauptmenge jener Materialien, die man zur Umwandlung der thierischen Haut in Leder verwendet. In Mittel-Europa dient namentlich die Rinde der Eichen und der Nadelhölzer zur Darstellung der Lohe, in den nördlichen Ländern werden aber auch Birken-, Weiden- und Ulmenrinden verarbeitet.

Der werthbestimmende Bestandtheil in der als Lohe zu verwendenden Rinde ist der Gerbstoff, die gleiche Substanz, die den ungemein herben und zusammenziehenden Geschmack der Galläpfel und Schlehen bedingt. In der besten Eichenspiegelrinde sind aber kaum mehr als 20% Gerbstoff enthalten, der Rest besteht

Digitized by Google

aus gewöhnlicher Holzsubstanz und Wasser. In den meisten Fällen muß aber die Lohe, d. i. die zerkleinerte Rinde, auf größere Entfernungen verfrachtet werden und dadurch wird der Preis des Gerbstoffes unnöthigerweise wesentlich vertheuert. Es lag daher der Gedanke nahe, den Gerbstoff der Baumrinden in Form von Extracten zu gewinnen und diese in concentrirtem Zustande zur Versendung zu bringen. Solche Gerbstoffextracte werden auch an vielen Orten fabriksmäßig erzeugt, und zwar dadurch, daß man die zerkleinerte Rinde systematisch mit Wasser auslaugt und die Lohbrühen eindampft. Zur Auslaugung der Rinde verwendet man Vorrichtungen, die ganz ähnlich den Diffusionsbatterien der Zuckerfabriken eingerichtet sind, wir können daher auf eine nähere Besprechung der Arbeitsweise verzichten.



Extractionsapparat von Kohlrausch zur Herstellung von Gerbstoffextracten.

Auch das im Holze der Nadelhölzer enthaltene Harz bildet einen Gegenstand fabriksmäßiger Gewinnung. Dabei wird in verschiedener Weise verfahren. Verletzt man beispielsweise den Baum, indem man einen Theil des Stammes seiner Rinde entblößt, so wird der mißhandelte Baum zwar im Wachsthume zurückbleiben, aber nicht zugrunde gehen. Dagegen treten an der entrindeten Stelle reichhaltige Mengen „Pech" aus, das gesammelt und durch Destillation gereinigt wird. Dabei erhält man einen flüssigen Antheil, das Terpentinöl, während Harz oder Pech hinterbleibt. Je nachdem die Destillation mehr oder minder sorgfältig vorgenommen wird, bekommt man werthvollere oder minderwerthigere Producte. In den amerikanischen Fabriken wird die Destillation mit Wasserdampf ausgeführt und dadurch einer Zersetzung durch Ueberhitzung vorgebeugt. Das amerikanische Terpentinöl ist daher auch sehr hell und rein, das amerikanische Pech (Colophonium) licht, bernsteingelb und von tadelloser Beschaffenheit.

Die Holzabfälle endlich, die sich bei der Harzgewinnung ergeben, wie auch der Theer, den man bei der trockenen Destillation des Holzes erhält, können noch zur Gewinnung eines weiteren Productes dienen, und zwar zur Bereitung von „Ruß".

Der Ruß ist nichts anderes als fein vertheilter, mit einer geringen Menge von Producten der trockenen Destillation gemengter Kohlenstoff, der zur Darstellung schwarzer Anstrichfarben, sowie von Buchdruckerschwärze dient. Die Gewinnung dieses ziemlich theueren Productes geschieht in sehr einfacher Art: man verbrennt die harzreichen Abfälle oder den Theer bei ungenügendem Luftzutritte, und erreicht



Digitized by Google

dadurch, daß nur eine geringe Menge des in diesen kohlenstoffreichen Stoffen enthaltenen Kohlenstoffes verbrennt, die Hauptmenge aber in Form von Ruß von den Verbrennungsgasen fortgeführt wird. Diese Gase läßt man durch Räume streichen, in denen der Ruß Gelegenheit findet, sich abzusetzen, er wird gesammelt und noch ausgeglüht, um den beigemengten Theer zu entfernen. Man erhält dann ein Product von tiefschwarzer Farbe und großer Deckkraft, das mit Leinöl angerieben die Druckerschwärze bildet, und trotz seiner schwarzen Farbe im Vereine mit der Erfindung Guttenberg's berufen ist, Licht zu verbreiten und Aufklärung selbst in die fernste Hütte des Köhlers im Hochwalde zu tragen, der nach den von Vater und Großvater ererbten Vorschriften, wenngleich unbewußt, auch ein auf chemischer Grundlage beruhendes Gewerbe betreibt: die Gewinnung von Kohle, von Harz und Terpentin und Ruß aus Holz.

Wir sehen also, daß sich das Holz zur Darstellung der verschiedensten Stoffe, die wieder den mannigfachsten Zwecken und Industrien dienen, eignet. Die Verwerthung des Holzes auf chemischem Wege ist aber ein Zweig der chemischen Großindustrie, der verhältnismäßig noch sehr jung ist. Die Bedeutung dieser Industrie ist aber nicht zu verkennen. Lag früher ein Wald ferne ab vom Verkehre, war es nicht möglich, das Holz als Bauholz zu verwerthen, so verbrannte man es, um aus der Asche Potasche darzustellen, oder aber man ließ den Wald wachsen, wie es der Natur gefiel. Jeder Sturmwind warf einige Stämme zu Boden, sie blieben liegen und aus ihren Riesenleibern kam neues grünes Leben, wuchsen neue Bäume hervor. So entstanden ausgedehnte Urwälder, an deren Exploitirung man nicht dachte und nicht denken konnte, in die nie ein Forstmann seinen Fuß setzte und die scheuem Rehwild und Raubzeug zum Aufenthalte dienten. Die moderne Chemie hat auch hier Wandel geschaffen. Sie lehrte die Mittel und Wege, das Holz, das sonst vermoderte und verdarb, in werthvolle Producte überzuführen, die dann selbst auf weite Strecken transportfähig sind, sie ließ in weltfernen Gegenden kleine Industriecentren erstehen, und verlieh über Nacht Waldbesitzungen, die ihrer Lage wegen fast werthlos waren, hohen Werth. Die Schaffung der neuen Industrie zog aber zahlreiche Menschen, Arbeiter und Ingenieure, Chemiker und Käufer nach dem fernen Urwalde. Es entstanden neue Ansiedlungen, und bald wurde dorthin eine Straße oder gar eine Bahn gebaut. Und jetzt war der Urwald, in dem Generationen mächtiger, himmelanstrebender Bäume Jahrhunderte hindurch geträumt und ihre Wipfel im Winde gewiegt hatten, der Cultur angegliedert. Wohl fielen die stolzen Stämme unter den Streichen der Axt, wohl verließ das scheue Reh und Meister Reineke die gewohnten Wechsel: es war aber neues Land erobert worden, das bisher werthlose Holz wird umgemünzt in gangbare Werthe, und tausend Hände finden Arbeit und Verdienst. Und wer hat dies zu Wege gebracht, wer hat neue Landstriche der Cultur erschlossen? Der Chemiker in seinem Laboratorium — die „moderne Chemie".

---

Digitized by Google

# Die Verwerthung der Fette und Oele auf chemischem Wege.

Im Organismus des Thieres und der Pflanzen können wir stets das Vorkommen eines eigenthümlichen Körpers nachweisen, den wir dem Sprachgebrauche gemäß als „Fett“ oder „Oel“ zu bezeichnen gewohnt sind. Wir sprechen von „fettem Fleisch“, ohne uns über das Wesen des Fettes näher Rechenschaft zu geben, wir benützen fast täglich Oel zur Bereitung der Speisen, ohne uns um die Gewinnung und die Beschaffenheit dieses Stoffes zu bekümmern. Nicht genug an dem, Tag für Tag verwenden wir Stoffe, die aus Fetten und Oelen hervorgegangen sind, waschen uns mit Seife und bedienen uns der Kerze und denken nicht daran, daß diese beiden Gebrauchsgegenstände, ohne denen wir uns im höchsten Grade unbehaglich fühlen würden, Producte großer Industrien sind, die sich mit der chemischen Verarbeitung der Fette und Oele befassen. Angesichts der Bedeutung dieser Industrien ist es aber wohl am Platze, uns eingehender mit ihrem Wesen zu befassen.

Im großen Haushalte der Natur hat jedes Ding und jeder Stoff seinen Zweck und seine Bedeutung. So ist es auch mit den Fetten und Oelen der Fall. Sie sind aber nicht in der Natur vorhanden, um uns das Material zur Fabrikation der Seife und der Kerze abzugeben, ebenso wenig, wie Mutter Natur in der Rübe den Zucker aufspeichert, damit wir unsere Speisen versüßen können. Vielmehr erzeugt sie die Pflanze und das Thier zu einem anderen Zwecke: zur Erhaltung der Art.

Gleich dem Zucker und der Stärke und den Eiweißstoffen spielen auch die Fette und Oele im Pflanzenreiche die Rolle von Reservestoffen. Die meisten Samen sind reich an diesen Stoffen, sie haben die Aufgabe, dem Keimling als Nahrung zu dienen, ehe er im Stande ist, selbstständig aus Kohlensäure und Wasser organische Substanz zu erzeugen. Und auch im Organismus des Thieres

Digitized by Google

ist das Fett als Reservestoff vorhanden, es ist das Capital, das der vorbedachte Familienvater zurücklegt in guten Zeiten, um davon in Tagen der Noth und der Krankheit zu zehren. Hat der Organismus des Thieres eine größere Arbeit zu leisten, als durch die eingenommene Nahrung producirt werden kann, so wird das als Reserve abgelagerte Fett herangezogen, im Körper verbrannt und in Energie umgesetzt und im Hungerzustande ist es immer zuerst das Fett, das der Umsetzung anheimfällt und den Organismus befähigt, einige Zeit auch ohne Nahrung am Leben zu bleiben.

Woraus bestehen aber die Fette, welche Elemente betheiligen sich an ihrer Zusammensetzung? Der Chemiker wird uns antworten: „Aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff." Wie wir wissen, besteht aber auch der Zucker, richtiger die Zuckerarten, dann die Stärke und die Cellulose aus den gleichen Elementen, desgleichen der Alkohol und die Essigsäure, und doch sind alle diese chemischen Verbindungen vollständig voneinander verschieden, und sie zeigen nicht die geringste Aehnlichkeit untereinander. Das Geheimnis, welches die gewaltigen Unterschiede bedingt, ist nicht schwer zu errathen. Wohl betheiligen sich an dem Aufbaue aller dieser Stoffe nur die drei genannten Elemente, aber in verschiedener Anordnung und in verschiedener Menge, und es ist dies ein Beispiel für die Mannigfaltigkeit, ja für die Unendlichkeit der Natur, die mit nur drei Baumaterialien im Stande ist, so verschiedene Substanzen zu schaffen und mit so abweichenden Eigenschaften auszustatten.

Der Chemiker vermag uns über die Natur der Fette aber noch weitere Auskunft zu ertheilen. Es ist ihm gelungen, einen tiefen Blick in das Innere des Fettmolecüls zu werfen, und was er dort geschaut, ist wohl danach beschaffen, unser Interesse zu erwecken.

Er erzählt uns weiter, daß die Fette höchst complicirt zusammengesetzte Verbindungen sind, die einen Alkohol und drei zwar untereinander sehr nahe verwandte, aber doch unter sich verschiedene Körpergruppen enthalten, die er als „Fettsäuren" bezeichnet. Wie können wir uns dies erklären?

Nun, die Sache ist vielleicht doch nicht so complicirt, wie sie auf den ersten Blick scheinen mag. Gelegentlich der Darstellung des reinen Methylalkohols haben wir gehört, daß man ihn zu diesem Zwecke mit einer Säure, und zwar mit Oxalsäure verbindet. Der Methylalkohol besitzt ein durch gewisse Metalle oder auch durch Säureradicale vertretbares Wasserstoffatom, an dessen Stelle tritt die Oxalsäure, und nun ist eine neue Verbindung entstanden, die wir Oxalsäure-Methylester nannten. Ein ähnlicher Vorgang hat auch bei der Bildung der Fette stattgefunden. Der Alkohol, den sie enthalten, ist ein bekannter Körper, das Glycerin. Es ist dies ein sogenannter „dreiwerthiger" Alkohol, d. h. er besitzt drei vertretbare Wasserstoffatome, an deren Stelle sich drei Molecüle Fettsäure unter gleichzeitigem Austritte von Wasser lagern.

Es wird vielleicht befremden, daß das Glycerin ein „Alkohol" ist. Wohl hat es mit dem bekannten „Alkohol", dem Aethylalkohol in seinen Eigenschaften

Digitized by Google

nichts gemein, seiner chemischen Zusammensetzung nach steht es doch in verwandtschaftlicher Beziehung zu ihm, und man bezeichnet alle Körper, die in chemischer Hinsicht Aehnlichkeit mit dem Alkohol haben, eben als „Alkohole". Und ebenso wie es ein- und zweibasische Säuren giebt, je nachdem sie ein oder zwei durch Metalle vertretbare Wasserstoffatome enthalten, giebt es auch ein- und zweisäurige oder -werthige und dreiwerthige Alkohole, je nachdem sie sich mit einem, mit zwei oder mit drei Säuremolecülen unter Austritt von Wasser zu Estern vereinigen.

An die Stelle der drei vertretbaren Wasserstoffatome des Glycerins können nun verschiedene Säuren treten. Wir kennen auch mehrere solcher Verbindungen des Glycerins mit einbasischen, organischen Säuren und diese Verbindungen sind es, die wir als „Fette" bezeichnen. Die Fette selbst sind aber keine einheitlichen Körper, sondern Gemische wechselnder Mengen solcher Glycerinester; in erster Reihe stehen drei Fettsäuren, die wir als Stearin-, Palmitin- und Oleïnsäure bezeichnen.

Diese drei Fettsäuren unterscheiden sich untereinander außer durch ihre verschiedene Zusammensetzung — an ihrem Aufbaue betheiligen sich auch nur die Elemente Kohlenstoff und Wasserstoff — aber auch durch eine gleich auffallende Eigenschaft. Bei gewöhnlicher Temperatur ist die Stearinsäure ziemlich fest, die Palmitinsäure weicher und die Oleïn- oder Oelsäure flüssig. Auch die entsprechenden Glycerinester besitzen die gleiche Eigenschaft, und je nachdem sich nun an der Zusammensetzung eines Fettes mehr von der einen oder von der anderen Verbindung betheiligt, wechselt die Consistenz der Fette. Und jene Fette, die bei gewöhnlicher Temperatur flüssig sind, pflegen wir als Oele zu bezeichnen. In chemischer Hinsicht ist also Hirschtalg und Olivenöl dasselbe, beide sind Verbindungen von Fettsäuren und Glycerin, nur in physikalischer Hinsicht unterscheiden sie sich, da im harten, körnigen Hirschtalg das Stearin, im Olivenöle dagegen das Oleïn überwiegt.

Diesen Fetten und Oelen stehen in chemischer Hinsicht die sogenannten „ätherischen Oele" gegenüber. Doch haben wir es hier nicht mit Estern des Glycerins, sondern mit anderen Verbindungen zu thun, die aber auch untereinander so verschieden sind, daß sie nur unter Berücksichtigung gewisser allgemeiner Eigenschaften in eine Gruppe eingereiht werden können. Die meisten der ätherischen Oele zeichnen sich nämlich durch einen angenehmen, besonders bei stärkerer Verdünnung hervortretenden Geruch aus, sie besitzen aber noch eine weitere Eigenschaft, durch die sie sich vortheilhaft von den Fetten und den gewöhnlichen Oelen unterscheiden. Auf Papier oder ein Gewebe gebracht, rufen die Fette die Entstehung eines Fettfleckes hervor, dessen Entfernung sehr viel Mühe verursacht, wenn sie überhaupt gelingt. Auch die ätherischen Oele sind zunächst die Ursache der gleichen Erscheinung, doch verschwindet der Fettfleck nach einiger Zeit, besonders bei gelindem Erwärmen: die ätherischen Oele sind flüchtig und schon dadurch unterschieden sie sich wesentlich von den Fetten.

Digitized by Google

Bleiben Fette längere Zeit sich selbst überlassen und sind sie gleichzeitig dem Zutritte der Luft ausgesetzt, so können wir an ihnen eine eigenthümliche Veränderung wahrnehmen, die sich dem Geruchs- und Geschmackssinne in höchst unangenehmer Weise bemerkbar macht. Wir sagen dann, das Fett oder das Oel sei „ranzig" geworden. Welche Erscheinungen sich aber dabei abspielen, welchen Veränderungen die Fette dann unterliegen, ist heute noch nicht mit Gewißheit aufgeklärt. Bakterien scheinen dabei keine, oder doch nur eine sehr untergeordnete Rolle zu spielen, in höherem Grade dagegen der Sauerstoff der Luft, denn Fette, die vom Luftzutritte abgeschlossen aufbewahrt werden, behalten ihren Geschmack und Geruch unverändert bei und werden nicht ranzig.

Die ätherischen Oele sind frei von dieser unliebsamen Eigenschaft. Dagegen unterliegen sie, wenn sie dem Zutritte der Luft ausgesetzt sind, ebenfalls nachtheiligen Veränderungen. Sie nehmen Sauerstoff auf und gehen in andere Verbindungen über, wobei sie ihr Aussehen verändern. Die ursprünglich dünnflüssigen Oele werden dick und zähe und endlich verharzen sie vollständig. Auf dieser Eigenschaft der zur Gruppe der ätherischen Oele gehörenden Körper, zu denen auch das Terpentinöl zu zählen ist, beruht die Herstellung der Firnisse, die auch jene Maßnahmen umfaßt, durch chemische Verfahren langsam trocknende Oele in rasch trocknende zu verwandeln.

Den Fetten sind die Wachsarten in mancher Beziehung verwandt, besonders mit Bezug auf ihre allgemeinen Eigenschaften, doch besitzen sie im chemischen Sinne eine abweichende Constitution. Denn während die Fette Ester des Glycerins sind, müssen wir die Wachsarten als Ester eines hochmolecularen, einwerthigen Alkohols ansehen, an dessen Bildung sich Fettsäuren betheiligten, außerdem enthält das Wachs aber auch noch freie Fettsäuren. Ein weiterer Unterschied ist ferner, daß die Fette und Oele vollständig in Alkohol löslich sind, während dies bei dem Wachse nur zum Theile zutrifft, bei der Behandlung mit Alkohol bleibt ein Theil ungelöst.

Alle Fette und Oele haben eine chemische Reaction gemeinschaftlich und darauf beruht ihre Verarbeitung in der chemischen Industrie: sie sind „verseifbar". Den Begriff der „Verseifung" haben wir schon bei Besprechung der Darstellung des reinen Methylalkohols kennen gelernt. Wir haben gesehen, daß man, um ihn in reiner Form auszuscheiden, zunächst den Oxalsäure-Methylester darstellt. Erwärmt man diesen mit Kalilauge, so bildet sich oxalsaures Kalium und Methylalkohol wird abgeschieden. Die Fette sind nun auch Ester, und zwar Verbindungen des Alkohols, Glycerin mit Fettsäuren. Erhitzen wir ein Fett mit freiem Alkali, so wird der Ester zerlegt, gespalten oder „verseift" und es entsteht einerseits das Alkalisalz der an seiner Bildung betheiligten Fettsäuren, also stearinsaures, palmitinsaures u. s. w. Natron oder Kali, andererseits der freie Alkohol, in diesem Falle Glycerin. Da nun dieser Vorgang der Spaltung der Fette die Grundlage der Seifenfabrikation bildet, pflegt man die Reaction selbst einfach als „Verseifung" zu bezeichnen, ohne Rücksicht darauf, welche Beschaffenheit der Ester besitzt, der durch die Einwirkung des Alkalis gespalten wird.

Digitized by Google

Wir kennen jetzt die allgemeinen Eigenschaften und die chemische Zusammensetzung der Fette, und werden nun mit Leichtigkeit die im Grunde genommen höchst einfachen chemischen Operationen verstehen, die bei ihrer Verwerthung auf chemischem Wege in Frage kommen. Diese wollen wir besprechen, und beginnen mit dem ältesten Zweige, mit der Seifenfabrikation.

Wir erfüllen aber nur einen unerläßlichen Act der Pietät und Dankbarkeit, wenn wir zuvor noch des Mannes gedenken, dem wir unser Wissen über die chemische Natur der Fette zu verdanken haben. Es ist dies der französische Chemiker Michel Eugène Chevreul. Im Jahre 1786 am 31. August zu Angers geboren, studirte er in Paris und wurde 1809 Assistent Vauquelin's. 1813 wurde er als Professor an das Lyceum Charlemagne, 1820 als Examinator an die polytechnische Schule berufen; 1824 wurde er Director der Färberei in der königlichen Manufactur der Gobelins und 1830 Professor am Collège de France. Erst im Jahre 1879 trat er in den Ruhestand, er starb, fast 103 Jahre alt, am 9. April 1889 zu Paris. Sein zu Paris im Jahre 1824 erschienenes Werk „Recherches chimiques sur les corps gras d'origine animale" („Chemische Untersuchungen über die thierischen Fette") war nicht nur grundlegend für unsere heutigen Anschauungen über die Natur dieser wichtigen und interessanten Körper, sondern durch seine Untersuchungen legte Chevreul auch den Grundstein zur Umwandlung eines rein handwerksmäßig betriebenen Gewerbes, der Seifenfabrikation, in eine chemische Industrie. Auch die Erzeugung der Stearinkerzen, die berufen waren, das schlecht brennende Talglicht zu verdrängen, ist auf die Arbeiten Chevreul's über die Fette zurückzuführen. Sein nicht minder hoch anzuschlagendes Verdienst war es aber auch, der organischen Chemie neue Wege und Bahnen eröffnet zu haben, indem er durch geradezu classische Untersuchungen ihr ein bis dahin brachliegendes weites Gebiet erschloß und der Schöpfer der heute so hoch entwickelten Fettchemie wurde.

## Die Seifenfabrikation.

Unter den zahlreichen Gegenständen, die der Culturmensch der Jetztzeit als unbedingt nöthig ansieht, die er als unentbehrlich bezeichnet, finden wir viele, die selbst den höchstgebildeten Völkern des Alterthumes unbekannt waren. Ja wir werden sogar auf manche stoßen, von denen sogar unsere Vorfahren nur einen sehr mäßigen Gebrauch machten, und die erst in der neuesten Zeit eine höhere Bedeutung als die eines bloßen Nutzgegenstandes erlangten, als es den Fortschritten der Wissenschaft und der Technik gelungen war, ihnen eine solche Beschaffenheit zu ertheilen, daß sie nicht bloß nützlich, sondern gleichzeitig auch angenehm sein können.

Eines der schlagendsten Beispiele dieser Art bildet der Körper, den wir als „Seife" im allgemeinen Sinne des Wortes bezeichnen. Gegenwärtig müssen wir

Digitized by Google

es als feststehend ansehen, daß die ältesten Culturvölker, von denen wir durch Aufzeichnungen Kunde besitzen — die Assyrer und die Aegypter — die Seife nicht kannten. Besonders von den Aegyptern sind uns in Wort und Bild ihre Gewerbe, ihre Hantirungen und ihr ganzes Thun erhalten geblieben, kein einziges dieser zahlreichen Documente deutet auch nur im Entferntesten darauf hin, daß sie einen Körper kannten, der auch nur annähernd mit unseren Seifen in Parallele zu stellen wäre.

Selbst das culturell am höchsten stehende und kunstsinnigste Volk des Alterthumes, die Griechen, kannten keine Seife, zur Reinigung des Körpers und der Wäsche benützten sie ausschließlich das Wasser.

Die erste unzweifelhafte Nachricht über einen Körper, den wir als Seife in unserem Sinne ansehen müssen, finden wir im 18. Bande des großen Werkes „Historia naturalis", das von dem berühmten römischen Naturforscher Plinius verfaßt wurde.

Nach dem dort Gesagten ist es aber zweifellos, daß wir die Germanen als Erfinder der Seifenfabrikation ansehen müssen, sie waren in dieser Kunst sogar so weit vorgeschritten, daß sie „weiche" und „harte" Seifen kannten. Wie Plinius berichtet, waren die Rohmaterialien zur Gewinnung der Seife Ziegenfett und Buchenholzasche, man ließ die Asche mit Wasser und Fett so lange kochen, bis sich eine beim Abkühlen salbenartig erstarrende Masse gebildet hatte. Daß eine solche Seife, die alle unlöslichen Bestandtheile der Asche enthielt, sehr weit von dem appetitlichen Erzeugnisse verschieden war, dessen wir uns heute bedienen, liegt auf der Hand.

Erst in viel späterer Zeit bediente man sich des Kunstgriffes, die Asche mit Wasser auszulaugen und mit der erhaltenen Flüssigkeit, einer Lösung von Potasche das Fett zu kochen. Wann man aber begann, die Holzaschenlauge durch gebrannten Kalk ätzend zu machen, läßt sich heute nicht mehr feststellen, doch mag bemerkt werden, daß schon den alten Griechen die Einwirkung des Kalkes auf das in der Asche enthaltene, lösliche Salz bekannt war.

Aber auch die Erfinder der Seifensiederei, die Germanen, benützten die Seife noch durchaus nicht in der Weise, wie wir dies heute thun. Sie war kein Reinigungsmittel, sondern spielte nur die Rolle eines Toilettegegenstandes, der als Luxus angesehen wurde.

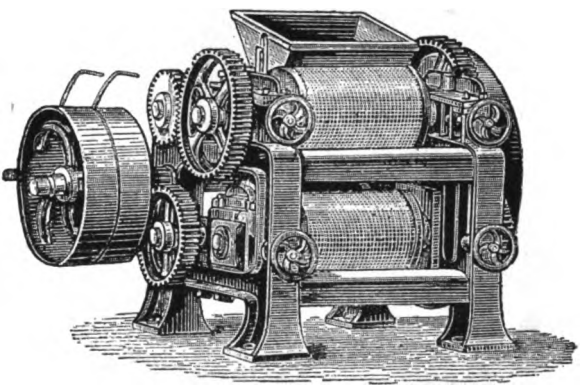
Wie nämlich der schon citirte Autor, Plinius, berichtet, wurde sie von Männern und Frauen benützt, um das Haupthaar zu salben und zu färben, erst das Verhalten des mit Seife bestrichenen Haares beim Waschen oder Baden mag zur Benützung der Seife als Reinigungsmittel geführt haben.

Fast sechzehn Jahrhunderte lang blieb die Seifenfabrikation auf jener Stufe stehen, auf der sie stand, als Plinius dieses Gewerbe mit kurzen Worten beschrieb. Man stellte die Seife aus Holzasche und Fett her, und der ganze Fortschritt, der in diesem großen Zeitraume zu verzeichnen war, bestand darin, daß man lernte, etwas reinere Producte zu erzeugen.

Digitized by Google

Wie erwähnt, ist aber die Seife heute durchaus nicht mehr ein bloßer Gebrauchsgegenstand, sondern gewisse Seifenarten sind sogar Luxusartikel geworden, indem man ihnen eine gefällige Färbung und vor allem durch Beimengung wohlriechender Stoffe einen angenehmen Geruch ertheilt. Wahrscheinlich haben wir die ersten Anfänge dieser Kunst aber schon im alten Römerreiche zu suchen. Zur Zeit seines Verfalles hatten dort Ueppigkeit und Verweichlichung einen Höhepunkt erreicht, wie er vielleicht nicht einmal in den Tagen Ludwig XIV. zu finden ist. Bei den Römern war es Mode geworden, Unsummen für Wohlgerüche zu verschwenden, und das Geschäft der „Unquentarii" oder Salbenmacher florirte wie nie zuvor.

Wahrscheinlich ist nun ein Nachkomme dieser Gilde auf den Gedanken verfallen, die keineswegs wohlriechende Seife durch Zusatz riechender Stoffe dem Geruchssinne angenehmer zu machen — und damit war auch der erste Schritt zur Fabrikation der Toilette- und Luxusseifen gethan, ein Zweig der Seifenindustrie, der heute eine hervorragende Stelle einnimmt.



Rohtalgmühle.

Aber erst in unserem Jahrhunderte wurde die Erzeugung der Luxusseifen zu einem selbstständigen Zweige der gesammten Seifenindustrie, als dank den Forschungen Chevreul's und der modernen Chemie überhaupt die Theorie der Seifenfabrikation festgestellt wurde, und auch die Methoden zur Darstellung wohlriechender Körper aus Pflanzen und auf synthetischem Wege eine Vervollkommnung erfahren hatten. — — —

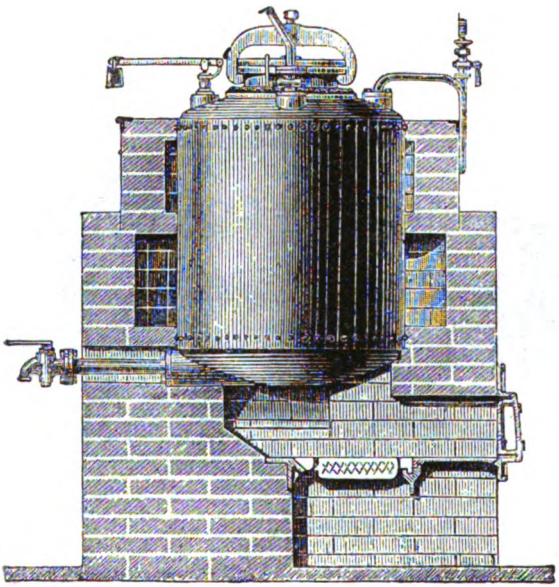
Die Rohmaterialien der Seifenfabrikation sind thierische oder pflanzliche Fette und Oele, wie Talg, Palmkernöl u. s. f., dann Harze, Fichten- und Föhrenharz, Rückstände von der Terpentingewinnung, ätzende Alkalien, Kochsalz und Wasser. Endlich müssen wir auch verschiedene Stoffe, die man als „Füllkörper" bezeichnet, und deren Aufgabe es ist, das Gewicht und das Volumen der Seife zu vergrößern, wie Kleister, Leim und Wasserglas, unter die Rohmaterialien der Seifenfabrikation rechnen, obwohl sie mit dem Wesen der Seife nichts zu thun haben und nur dazu dienen, die Seife zu verbilligen.

Das wichtigste Rohmaterial ist entschieden der Talg. Mit diesem Namen bezeichnet man gewöhnlich jene Thierfette, die sich besonders in größeren Mengen in der Bauchhöhle der Thiere vorfinden und durch eine feste, bröckliche Beschaffenheit und durch den hohen Schmelzpunkt auszeichnen. Die chemische Beschaffenheit

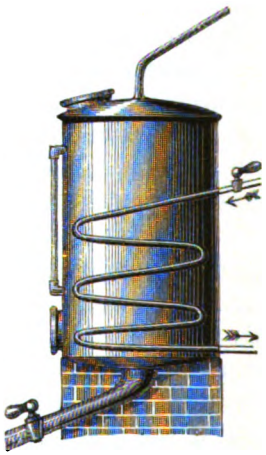
Digitized by Google

der Talgarten haben wir schon kennen gelernt, es sind Gemenge von Stearin-, Palmitin- und Oleïnsäure-Glycerinester, der vorwaltende Bestandtheil ist das Stearin.

Der im Handel vorkommende Rohtalg ist meist mit Zellgewebe, Blut, Fleischtheilen u. s. w. vermengt und bedarf vor seiner Verwendung einer besonderen Reinigung. Dies wird durch Umschmelzen des Talges vorgenommen, wobei sich die fremden Stoffe, das Zellgewebe u. s. f. als sogenannte „Griefen" ausscheiden und abschöpfen lassen. Nach diesem Verfahren gelingt es jedoch nie, den Talg vollständig zu reinigen. Dagegen erzielt man durch Behandlung des Talges mit



Kessel zum Ausschmelzen des Rohtalges.



Kessel zum Ausschmelzen des Rohtalges. Innenansicht.

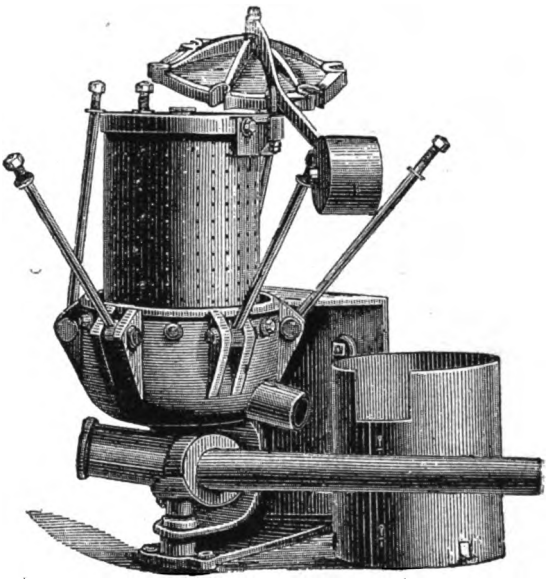
verdünnter Natronlauge ein sehr günstiges Resultat. Dabei wird jedoch das Zellgewebe vollständig zerstört, auch gehen die sonst als Schweinefutter verwendbaren Griefen verloren. Nach einem anderen Verfahren wird die Reinigung mit verdünnter Schwefelsäure ausgeführt, dadurch werden die Griefen aufgelockert und können dann leicht abgepreßt werden.

Dem Ausschmelzen des Talges muß eine Zerkleinerung desselben vorausgehen. Man erreicht dies am vollständigsten, wenn man den Talg zwischen Walzen durchgehen läßt, die an ihrer Oberfläche gerieft sind.

Das Ausschmelzen des Talges kann sowohl unter Verwendung directer Feuerung als auch mittelst Dampf erfolgen. Im ersten Falle ist es jedoch nicht zu vermeiden, daß eine theilweise Zersetzung des Fettes eintritt, wodurch nicht nur Verluste, sondern auch das Auftreten eines höchst unangenehmen Geruches bedingt

Digitized by Google

wird. Weit rationeller ist es daher, sich zum Ausschmelzen des Dampfes zu bedienen, wie es auch in allen größeren Fabriken geschieht. Zu diesem Zwecke stehen die verschiedenen Vorrichtungen zur Verfügung; die Abbildung Seite 748 veranschaulicht einen Apparat für kleineren Betrieb, der rund 700 kg Talg aufzunehmen vermag. Wird der Talg schon ausgeschmolzen und in Fässern bezogen, so muß er vor der weiteren Verarbeitung und eventuellen Raffinirung ebenfalls geschmolzen werden. Man stülpt die Fässer mit dem Spundloche nach unten über Rohre, aus denen Dampf austritt, der das Schmelzen besorgt. Der geschmolzene Talg fließt dann in Röhren nach dem Orte der weiteren Verwendung. Um durch den entweichenden Dampf und den üblen Geruch nicht belästigt zu werden, wird während der Schmelzoperation über die Fässer eine halbcylindrische Blechhaube gestülpt, die durch einen Dunstschlauch ins Freie führt. Unsere, der berühmten Sarg'schen Fabrik zu Liesing entnommene Abbildung (Seite 750) stellt die dort befindliche große Anlage zum Ausschmelzen des Talges vor.



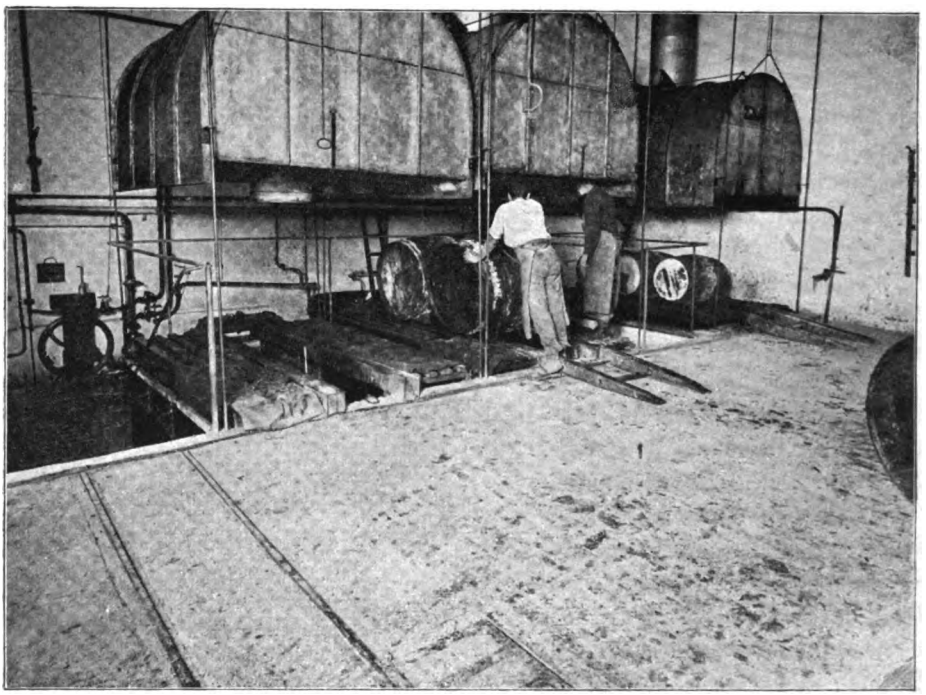
Griefenpresse von F. Rost.

Die nach dem Ausschmelzen hinterbleibenden Griefen enthalten aber stets noch Fett, das durch Auspressen gewonnen wird. Dazu dienen Griefenpressen verschiedener Construction. Die nebenstehende Abbildung zeigt die Griefenpresse von F. Rost im offenen Zustande mit abgehobenem Mantel. Die Griefen werden in den durchlochten Cylinder gefüllt, und dort einem starken Drucke ausgesetzt. Das Fett läuft durch die Löcher des Cylinders ab und wird durch ein Rohr weiter geführt.

Wird das Ausschmelzen des Talges genügend langsam und sorgfältig vorgenommen, und trägt man ferner dafür Sorge, daß während des Ablassens der geschmolzenen Masse alle festen Theile durch ein passendes Filter zurückgehalten werden, so erhält man ein genügend reines Product, das für viele Zwecke, so zur Darstellung gewöhnlicher Seife, keiner weiteren Reinigung mehr bedarf. Handelt es sich dagegen um die Darstellung feiner Seifen, oder soll der Talg zur Herstellung von Stearinkerzen dienen, so muß er noch einer besonderen Läuterung unterzogen werden. Man will dadurch einen doppelten Zweck erreichen: den Talg von allen festen Körpern befreien und ihn gleichzeitig entfärben oder bleichen.

Digitized by Google

Das einfachste Verfahren der Läuterung, durch das aber nur die Entfernung der festen Körper erreicht wird, besteht darin, daß man den Talg durch längere Zeit mit Wasser kocht. Dann läßt man die Flüssigkeit so lange ruhen, bis die oberen Schichten des auf dem Wasser schwimmenden Talges klar geworden sind, worauf man mit dem Abschöpfen beginnt und den geschmolzenen Talg noch durch dichte Leinwand filtrirt. Der geläuterte Talg wird in Formen gegossen und erstarren gelassen; die Fremdkörper bleiben in der untersten, auf dem Wasser schwimmenden Talgschicht und in diesem selbst zurück.



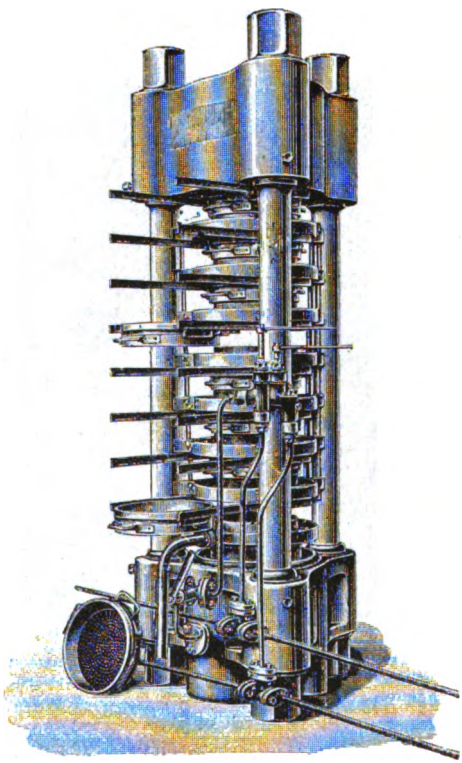
Talgschmelzerei.
(Aus der k. k. priv. Kerzen-, Seifen- und Glycerinfabrik von F. A. Sarg's Sohn in Liesing bei Wien.)

Gewöhnlich will man mit der Läuterung aber auch eine Entfärbung verbinden, und dies läßt sich nur durch gleichzeitige Einwirkung verschiedener Chemikalien erreichen. Vornehmlich sind es Oxydationsmittel, die man in Anwendung bringt, wie Salpetersäure, ein Gemenge von Salpetersäure und Schwefelsäure, oder endlich Schwefelsäure und Braunstein. Mit einer dieser Substanzen, die nur in ganz geringen Mengen angewendet werden, wird der Talg längere Zeit gekocht. Dann entfernt man die sehr verdünnte Säure und entsäuert den Talg vollständig durch wiederholtes Waschen mit reinem Wasser.

Digitized by Google

Die Besprechung der anderen festen Fette, die in der Seifenfabrikation Verwendung finden, würde uns nur wenig Interessantes bieten, umsomehr als wir die Gewinnung eines desselben, des in den Knochen enthaltenen Fettes, schon an einer früheren Stelle dieses Buches kennen gelernt haben. Anders ist es dagegen mit der Gewinnung der bei gewöhnlicher Temperatur flüssigen Fette, der Oele. Doch können wir uns auch hier sehr kurz fassen, da es sich um rein mechanische Operationen handelt.

Die Oele lassen sich ihrem Verhalten nach in zwei Gruppen eintheilen: in nicht trocknende und in trocknende Oele. Zur ersten Gruppe gehören das Oliven-, Olivenkern-, Senf-, Ricinus-, Mandel-, Rüben-, Erdnuß-, Sesam-, Kotonöl u. s. f. Diese Oele erstarren, der Luft bei höherer Temperatur ausgesetzt, nicht, und werden höchstens dickflüssig. Im chemischen Sinne sind sie hauptsächlich Oelsäureglycerinester, oder Glycerinester der Oelsäure ähnlicher Säuren. Die trocknenden Oele, wie Lein-, Mohn-, Hanf- und Nußöl, enthalten Glycerinester der Leinölsäure und ihr ähnlicher Säuren und besitzen die Eigenschaft, an der Luft nach kürzerer oder längerer Zeit in eine firnißähnliche Masse überzugehen.



Presse zur Oelgewinnung.

Die zur Oelgewinnung dienenden Samen werden zunächst gereinigt, um alle Fremdkörper zu entfernen und dann zerkleinert. Zur Zerkleinerung verwendet man Stampfwerke oder Mühlen verschiedener Construction. Der Zweck der Zerkleinerung besteht darin, das Rohmaterial durch Zerreißung der Zellhäute für den Proceß der Oelgewinnung selbst vorzubereiten.

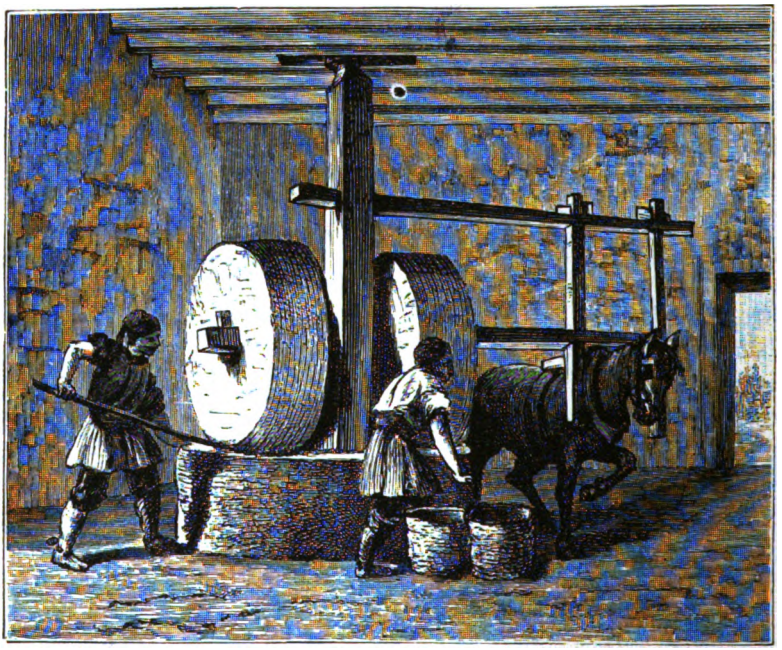
Die Gewinnung des Oeles aus den zerkleinerten Samen geschieht nach zwei Verfahren. Entweder man preßt das Oel aus, wobei man bei gewöhnlicher Temperatur oder unter gleichzeitiger Erwärmung arbeitet oder man gewinnt das Oel durch Extraction. Im letzteren Falle behandelt man die zerkleinerten Samen mit einem geeigneten Lösungsmittel, wie Schwefelkohlenstoff, Gasolin, Petroläther u. s. f.

Zur Ausführung beider Verfahren stehen zahlreiche Pressen, beziehungsweise Extractionsapparate zur Verfügung, deren nähere Besprechung für uns aber nur

Digitized by Google

wenig Interesse hätte. Dagegen wollen wir die Gewinnung einer sowohl zur Seifenfabrikation häufig verwendeten, als auch als Speiseöl dienenden Oelsorte, des Olivenöles, selbst kennen lernen.

Das Olivenöl wird aus den Früchten von Olea europea, des Oelbaumes, gewonnen, der in den um das Mittelmeer gelegenen Ländern häufig angepflanzt wird. Die Früchte dieses Baumes, die Oliven, sind je nach der Varietät verschieden groß; die französischen Oliven sind die kleinste, die spanischen die größte Sorte, diese erreichen sogar die Größe einer kleinen Pflaume.



Griechische Oelpresse.

Die im November und December gepflückten Früchte werden zunächst zerquetscht und dann bei gewöhnlicher Temperatur schwach gepreßt; es fließt das feinste Speise- oder Jungfernöl ab. In dem Preßkuchen ist aber noch eine reichliche Oelmenge enthalten. Um auch diese zu gewinnen, wird er zerkleinert, mit heißem Wasser angerührt und abermals gepreßt; in besonderen Gefäßen läßt man dann das Oel von dem Wasser sich abscheiden. Auf diese Weise verfährt man noch zwei- bis dreimale, immer hinterbleibt aber noch Oel in den Preßrückständen. Man trennt dann die fleischigen Antheile der Rückstände von den Kerntrümmern und preßt erstere abermals aus, wobei man das „Nachmühlenöl" erhält. Endlich bringt man die Preßrückstände in Gruben, befeuchtet sie mit Wasser und überläßt sie einer Gährung. Dann scheidet sich auf der Oberfläche des Wassers ein dunkel-

Digitized by Google

Olivenwald.



Digitized by Google

grünes, widerlich riechendes Oel, das „Höllenöl" oder Oil d'enfers ab. In neuerer Zeit hat man die Verarbeitung der Oliven aber in der Weise verbessert, daß man die zerquetschten Früchte in hydraulischen Pressen zunächst unter gelindem, dann unter starkem Drucke und schließlich unter Erwärmung auspreßt. Aus den Preßrückständen wird dann durch Extraction mit Schwefelkohlenstoff das „Sulfuröl" gewonnen.

Durch Extraction der nach dem Pressen hinterbleibenden Rückstände der verschiedenen, zur Oelgewinnung dienenden Samen gelingt es allerdings, das Fett nahezu vollständig auszuziehen. Doch nimmt man von diesem Verfahren häufig deshalb Umgang, da die Preßrückstände durchaus nicht werthlos sind, sondern als proteïn- und fettreiche Futtermittel, als sogenannte „Oelkuchen" ausgedehnte Verwendung finden.

Auch die Oele müssen für die meisten Verwendungsarten noch einer Reinigung unterzogen werden, um sie von den vorhandenen Verunreinigungen zu befreien. Hierzu dienen mechanische und chemische Mittel. Man filtrirt die Oele, eventuell unter Verwendung von Filterpressen, und behandelt sie dann mit Schwefelsäure, Aetzkali, Chlorzink u. s. f. Um Oele geruchlos zu machen, filtrirt man sie über Knochenkohle, eine vollständige Entfärbung und Bleichung erreicht man durch Anwendung von Wasserstoffsuperoxyd, Kaliumpermanganat, Chlor oder schwefliger Säure.

Außer den bei gewöhnlicher Temperatur flüssigen Fetten pflanzlichen Ursprunges giebt es aber auch solche, die bei gewöhnlicher Temperatur fest sind, sie stammen fast ausschließlich von Pflanzen, die in den Tropenländern heimisch sind. Zahlreiche dieser Pflanzenfette werden zur Seifenfabrikation angewendet, wie das Cocosöl, das aus den fettreichen Samen von Cocos nucifera, der Cocospalme, und das Palmöl, das aus dem Fruchtfleische der Früchte der Oelpalme, Elais guinensis, gewonnen wird.

Die chemischen Vorgänge, die bei der Verseifung der Fette in Frage kommen, haben wir schon kennen gelernt. Wir wissen, daß die Ester des Glycerins gespalten werden, wobei einerseits fettsaures Alkali, andererseits Glycerin resultirt.

Für die Beschaffenheit der darzustellenden Seife ist es dagegen durchaus nicht gleichgiltig, ob die Verseifung mit Aetznatron oder mit Aetzkali vorgenommen wird. Die Natronseifen, also jene, die fettsaures Natrium enthalten, sind nämlich hart, die Kaliseifen dagegen weich, sie werden daher auch „Schmierseifen" genannt.

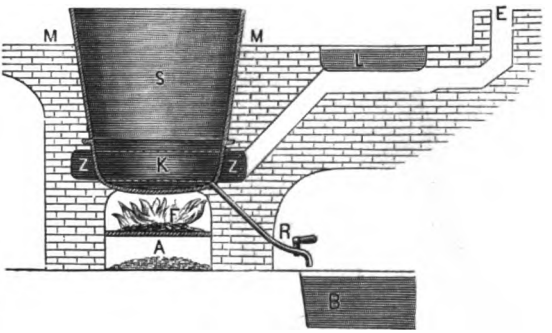
Aetznatron und Aetzkali sind chemische Producte, die erst seit verhältnismäßig junger Zeit in beliebigen Mengen zur Verfügung stehen, da die Industrie, welche sie liefert, die Sodaindustrie, wie wir wissen, erst vom Anfange dieses Jahrhundertes datirt. Vor dieser Zeit stand den Seifensiedern nur Aetzkali zur Verfügung, dieses mußten sie sich in bekannter Weise durch Behandlung von Potaschelösung mit Aetzkalk selbst bereiten. Die Kaliseifen erhärten aber nicht, und um aus der weichen Kaliseife eine harte Kernseife zu erzeugen, mußte ein beson-

Digitized by Google

derer Kunstgriff, das „Aussalzen" vorgenommen werden. Fügt man nämlich zu einer Kaliseife Kochsalz, so setzt sich dieses mit dem fettsauren Kalium in der Weise um, daß fettsaures Natrium, also harte Seife und Chlorkalium entsteht.

Wird Fett und Lauge erhitzt, so tritt „Verseifung" ein, doch vollzieht sich die Zerlegung des Fettes nicht plötzlich in der ganzen Masse, sondern es entsteht zunächst eine Emulsion, d. h. eine milchige Flüssigkeit, die unverändertes Fett in Form zahlloser Tröpfchen in der Lauge vertheilt enthält. Dann erst beginnt nach und nach die Spaltung des Fettes in Glycerin und fettsaures Salz und allmählich entsteht die neutrale Verbindung, die Seife.

Das Sieden der Seife wird in großen Kesseln ausgeführt, die aus Schmiedeeisen oder aus Gußeisen verfertigt sind. Die Größe dieser Kessel hängt natürlich von dem zu verarbeitenden Quantum ab, für je 100 kg zu verseifendes Fett rechnet man ungefähr 500 l Kesselinhalt. Da nun für eine verhältnismäßig geringe Fettmenge schon ein sehr großer Kessel erforderlich wäre, aber nur sein unterer Theil direct vom Feuer getroffen zu werden braucht, so versieht man den Kessel mit einem Aufsatze, den Sturz — in der nebenstehenden Abbildung mit S bezeichnet — der aus Cement oder Mauerwerk besteht und den weitaus größten Raum des Gefäßes bildet. Kessel und Sturz zusammen bilden also einen sich nach unten zu verjüngenden Raum. Am besten wird der Kessel so aufgestellt, daß der Feuerraum F, der Kessel K und ein Theil des Sturzes S unterhalb des Manipulationsraumes M zu stehen kommt, in diesen ragt nur ein etwa 70 cm hoher Theil des Sturzes hinein.



Seifensiedekessel.

Um die Wärme so viel als möglich auszunützen, führt man häufig die Feuergase, nachdem sie den Boden des Kessels umspült haben, unter flache Pfannen L, in denen die Lauge concentrirt wird. Dann erst entweichen sie in den Schornstein E. Um ferner die sich bei der Bereitung der Seife ergebende „Unterlange", auf der die Seife schwimmt, nicht mittelst eines Pumpwerkes aus dem Kessel entfernen zu müssen, ist bei manchen Kesseln die Einrichtung vorhanden, daß von der tiefsten Stelle desselben ein Rohr R abzweigt, durch das die Unterlauge nach dem Behälter B abgelassen werden kann. An Stelle der Siedekessel mit directer Feuerung verwendet man auch, und zwar vornehmlich in Amerika, Kessel, die mit Dampfheizung versehen sind.

Ehe wir uns nun mit der Herstellung der Seifen, mit dem „Seifensieden" vertraut machen, wollen wir zunächst uns einen Ueberblick über die Arten der

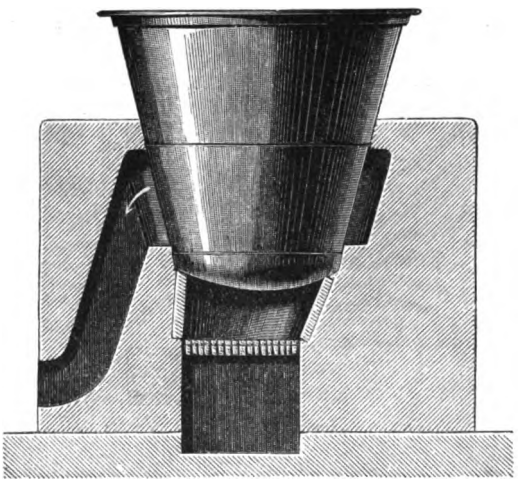


Digitized by Google

Seifen selbst verschaffen. Unter Beibehaltung der sich von selbst ergebenden Eintheilung in harte (Natron-) und weiche (Kali-) Seifen lassen sich je nach ihren Eigenschaften und der Art der Herstellung unterscheiden:

A. Harte, Natronseifen:
   1. Kernseifen,
   2. Halbkernseifen,
   3. Leimseifen.

B. Weiche, Kaliseifen:
   1. Transparente Seifen,
   2. Kornseifen,
   3. Schälseifen.



Seifensiedekessel aus Eisenblech.

Eine früher in großen Mengen, heute aber nur mehr selten dargestellte Seifensorte ist die deutsche Kernseife. Sie wurde durch Verseifen von Talg mit Kalilauge, dargestellt aus Potasche und Aetzkalk, und darauffolgendes wiederholtes Aussalzen gewonnen. Durch das Aussalzen ist es aber nicht möglich, alle Kaliseife in Natronseife überzuführen und der zurückbleibende Antheil von Schmierseife bewirkt eine gewisse und beim Gebrauche angenehme Geschmeidigkeit solcher Seife, die allerdings auch mit einer rascheren Abnützung derselben Hand in Hand geht.

In großen Mengen wird dagegen die Talgkernseife bereitet, sie ist von den geschilderten Nachtheilen frei, nützt sich nur wenig und langsam ab und erfreut sich daher großer Beliebtheit. Sie wird in folgender Weise erhalten:

In den Kessel bringt man eine beliebige Talgmenge und setzt dann etwa den vierten Theil der zur vollständigen Verseifung nöthigen Laugenmenge zu. Nun wird langsam erhitzt, zunächst entsteht eine Emulsion; sobald die Masse siedet, erfolgt aber die Spaltung des Fettes, die Lauge wird gebunden, es ist, wie der technische Ausdruck lautet, der „Verband" eingetreten. Der Seifensieder erkennt dies auch daran, daß nun die Masse nicht mehr ätzend schmeckt.

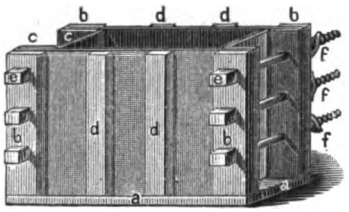
Jetzt wird neuerdings Lauge zugegeben und damit so lange fortgefahren, bis aus der Masse ein klarer, dickflüssiger „Seifenleim" geworden ist, der von dem Rührspatel in langen, durchsichtigen Strähnen abläuft: „die Seife siedet im Leim". Um diesen Punkt zu erkennen, bringt man eine Probe des Seifenleimes auf eine Glasplatte. Entsteht sofort ein kleiner, weißlicher Rand, der „Laugenring", bleibt

Digitized by Google

die Seife einige Zeit klar und trübt sie sich erst während des Erstarrens, so war das Verhältnis zwischen Fett und Lauge richtig gewählt. Trübt sich die Probe dagegen schon früher, so ist entweder zu viel Lauge oder zu viel Fett vorhanden, was durch weitere Zugabe des fehlenden Bestandtheiles leicht behoben werden kann.

Besitzt der Seifenleim die richtige Beschaffenheit, so wird er noch weiter gesotten, um ihn wasserärmer zu machen. Dies wird so lange fortgesetzt, bis er „spinnt", d. h. in dünnen Fäden vom Spatel abläuft. Es handelt sich nun darum, den Seifenleim in Seife und den flüssig bleibenden Antheil, die „Unterlauge", zu trennen. Diese enthält verschiedene Salze, Seife, Glycerin u. s. f. und wird entweder weglaufen gelassen oder besonders verarbeitet.

Diese Trennung des Seifenleimes in Seife und Unterlauge erreicht man durch Zugabe wasserentziehender Mittel, und zwar bedient man sich auch hier des Kochsalzes. Da zur Verseifung aber Natronlauge verwendet wurde, so ist schon fettsaures Natron vorhanden und eine Einwirkung des Kochsalzes auf die Seife findet nicht statt. Man trägt das Salz in kleinen Portionen ein und läßt nach jedem Zusatze die Masse durchsieden. Zunächst wird der Leim flüssig, dann gerinnt er und schließlich scheidet sich die Seife als dicke Masse an der Oberfläche ab. Auch in diesem Stadium des Verfahrens stehen dem Seifensieder verschiedene Kennzeichen zur Verfügung, um zu entscheiden, ob die Seife die richtige Beschaffenheit besitzt. Sie muß „Druck haben", d. h. sie darf, mit dem Daumen in die hohle Hand gedrückt, nicht schmieren, ferner muß sie, im heißen Zustande auf den Spatel genommen, in weichen Flocken daran haften, und endlich darf die Unterlauge nicht stechend, sondern nur salzig schmecken, ein Zeichen, daß kein überschüssiges Alkali vorhanden ist.



Hölzerne Seifenform.

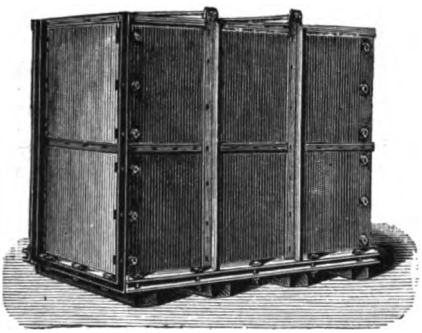
Nun folgt das Klarsieden der Seife. Man läßt den Kesselinhalt abkühlen, wobei sich die Unterlauge von der Seife trennt, läßt die Unterlauge abfließen und erhitzt nun im bedeckten Kessel zum Sieden. Die Seife klärt sich nach und nach, die Bildung von Schaum tritt immer mehr zurück, verschwindet endlich ganz und es hinterbleibt ein klarer, schaumfreier „Kern".

Die fertig gesottene Seife muß nun in Form großer, prismatischer Blöcke zum Erstarren gebracht werden. Dies geschieht in den sogenannten Formen, wie sie die obenstehende Abbildung veranschaulicht. Die älteren Seifenformen sind aus Holz verfertigt und zerlegbar, das Fassungsvermögen schwankt zwischen 50 und 5000 kg Seife. Jede solche Form besteht aus der massiven Bodenplatte a, auf der die durch Ansätze d verstärkten, verticalen Wände in Nuthen eingeschoben werden können. Wenn der Kasten zusammengestellt ist, schiebt man durch die schmalen Seitenwände die Querriegel e und zieht diese durch die Schraubenmuttern f kräftig zusammen, wodurch die Fugen abgedichtet werden.

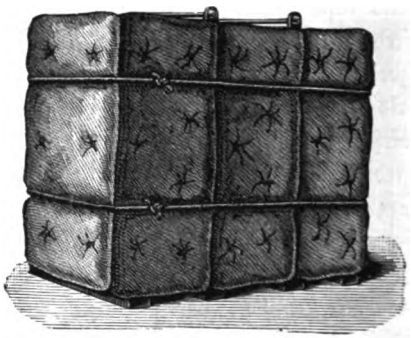
Digitized by Google

In solchen Holzformen kühlt die Seife nur langsam ab und dies ist bestimmend für ihre Beschaffenheit, da sie dann ein schönes „Korn" bildet. Weitaus zweckmäßiger sind aber eiserne Formen, die den hölzernen sehr ähnlich sind, nur bedeutend dauerhafter sind wie diese. Die Wände solcher eiserner Formen sind aus glattem Blech verfertigt und durch Eisenrahmen versteift. Eine richtig gearbeitete eiserne Seifenform muß vollständig schließen, so daß kein Tropfen Seife ausfließen kann. Will man, was für manche Zwecke erwünscht ist, die in die Formkästen gegossene Seife längere Zeit flüssig erhalten, so läßt sich dies bei Anwendung eiserner Formen leicht dadurch erzielen, daß man die Seitenwände mit einem schlechten Wärmeleiter umkleidet. Man verwendet dazu Matratzen von 10 bis 15 cm Dicke, sie sind mit Stroh oder Häckerling gefüllt und werden mit Haken und Schnüren an den Formen befestigt.

Die Kernseife wird entweder in Form glatter, gleichmäßiger Stücke oder mit einer dem Auge gefälligen Marmorirung versehen in den Handel gebracht. Um



Eiserne Seifenform.

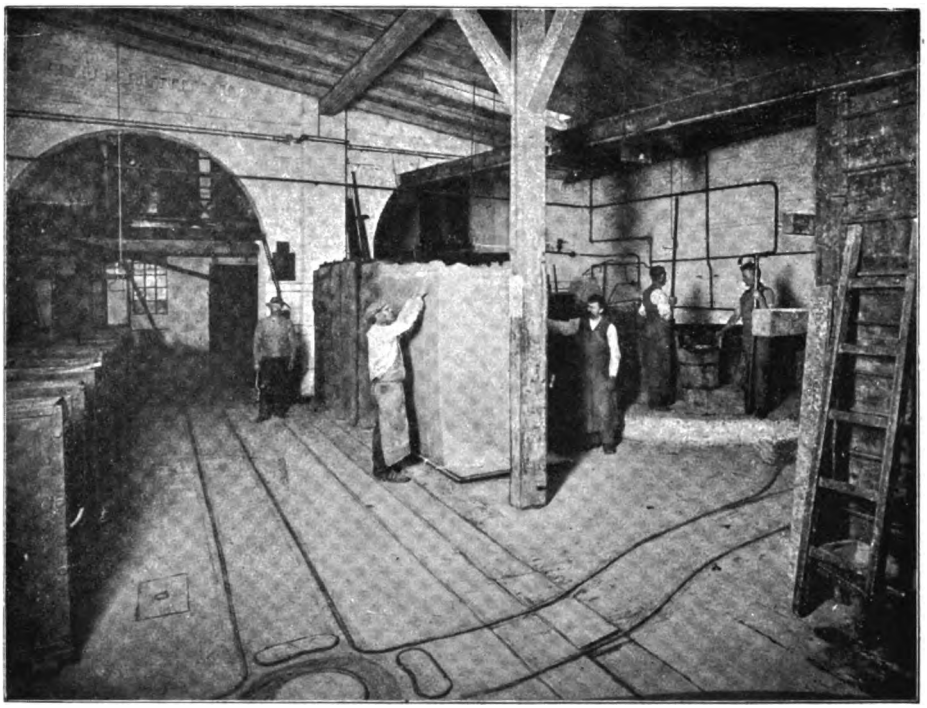


Eiserne Seifenform mit Wärmeschutz.

glatte Seife zu erhalten, füllt man sie heiß in die Formen und krückt sie so lange, bis sie zu erstarren beginnt. Die vorhandenen Verunreinigungen werden dann gleichmäßig in der ganzen Masse vertheilt und verschwinden dadurch. Will man dagegen marmorirte Seife erzeugen, so sorgt man dafür, daß die Seife in den Formen nur langsam erstarrt. Dann scheidet sich zunächst der krystallinische Theil, „Korn" oder „Kern" genannt, ab und dieser schließt den nicht krystallisirten Antheil, den „Fluß", ein, er enthält dann auch die Verunreinigungen, und sie sind es, die der Seife das marmorähnliche Aussehen geben. Werden zur Herstellung der Seife nur reine Materialien verwendet, so findet sich in der fertigen Seife auch nur eine ganz geringe Menge von Verunreinigungen, die nur eine sehr schwache Marmorirung bewirken könnten. Man setzt daher der Lauge verschiedene färbende Stoffe, wie rothen Thon, Braunstein, Ultramarin, schwarze Farbe u. s. w. zu und hat es dadurch auch in der Hand, der Marmorirung jede beliebige Stärke und Farbe zu ertheilen.

Digitized by Google

Ist der Seifenblock in der Form erkaltet, so wird diese auseinander genommen und an das Zertheilen der Seife geschritten. Dies geschieht mit Hilfe besonderer Vorrichtungen oder aber mittelst eines Drahtes, der von zwei Arbeitern durch die Seifenmasse geführt wird. Die untenstehende Abbildung aus der Fabrik von Sarg in Liesing veranschaulicht diese Operation, sie giebt uns aber auch gleichzeitig eine Vorstellung von der Masse eines solchen Seifenblockes, wenn wir ihn mit der Größe des daneben stehenden, mit dem Zertheilen beschäftigten Arbeiters vergleichen.



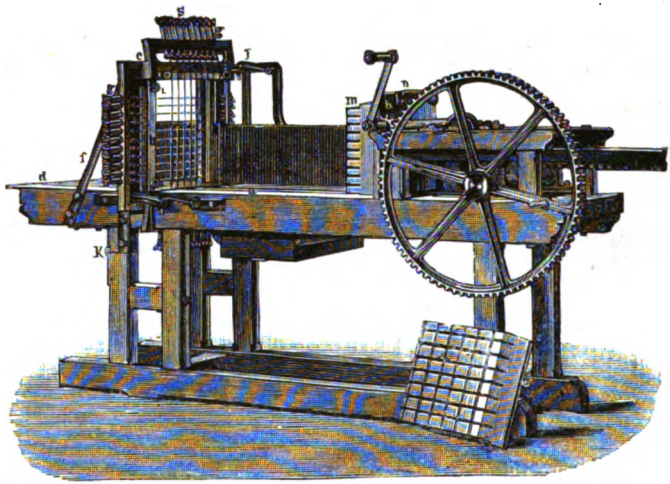
Zertheilen eines Seifenblockes.
(Aus der Sarg'schen Fabrik in Liesing bei Wien.)

Die durch das Zerschneiden der großen Blöcke erhaltenen „Riegel" müssen nun noch weiter in kleinere Stücke zerlegt werden. Sie sollen gleiche Größe und auch annähernd wenigstens gleiches Gewicht besitzen, dies läßt sich aber nur mit Hilfe besonderer Vorrichtungen, der Riegel- und Stückschneidemaschinen erreichen.

Eine solche Vorrichtung veranschaulichen die Abbildungen Seite 760. Sie besteht der Hauptsache nach aus einem Rahmen, dem sogenannten Universalrahmen, der aus acht Eisenschienen zusammengesetzt ist. Diese sind auf einem starken Eisengestelle immer zu zweien derart verbunden, daß sie eine Führung e bilden.

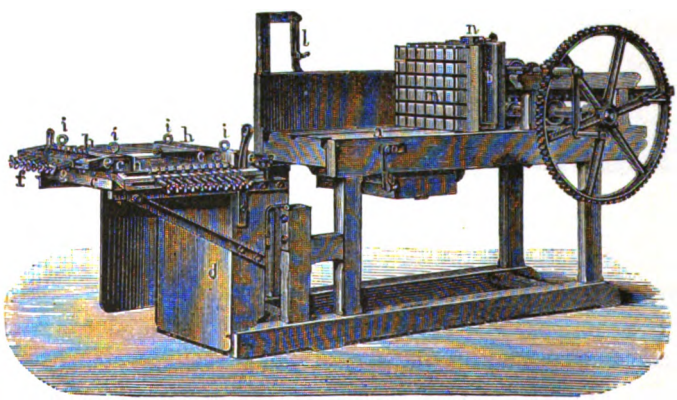
Digitized by Google

Es entstehen sonach vier Führungen, von denen je zwei gleichen Abstand voneinander besitzen.



Seifenschneidemaschine

In den Schienen sind leicht verschiebbare Eisenkloben angebracht und an zwei einander entsprechenden Kloben Drähte befestigt, die durch Drehen der Kloben straff gespannt werden können. Das Zurückgehen der Kloben wird durch Sperrräder unmöglich gemacht; Spiralfedern g verhüten das Zerreißen der Drähte bei übermäßiger Anspannung.



Seifenschneidemaschine.

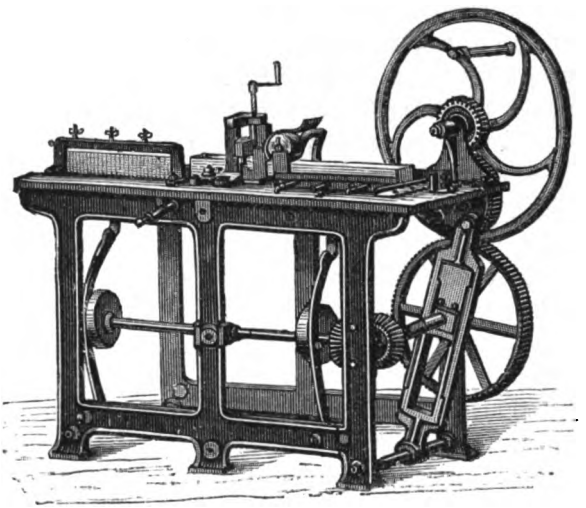
Vor den vier Führungsschienen, in denen die Kloben stecken, befinden sich vier vierkantige Holzstücke h, in denen die Maße für die Breite und Höhe der einzelnen Riegel so eingeprägt sind, daß auf je einer Seite des Stabes die Ein-

Digitized by Google

theilung für eine Riegelgattung angebracht ist. Die Stifte i erhalten die Stäbe in der ihnen einmal ertheilten Stellung, die Drähte werden in vollkommen parallelen Abständen in die Einschnitte der Stäbe gelegt.

Entsprechend der Stellung, die man den Holzstäben giebt, kann man mit dieser Vorrichtung Riegel in vier verschiedenen Dimensionen herstellen; man ändert die Höhe und Breite des Schnittes durch entsprechendes Umstellen der Stäbe und verschiebt die Drähte den Einschnitten der Stäbe entsprechend.

Soll die Maschine umgestellt werden, so bringt man den vertical stehenden Rahmen in die horizontale Lage, und zwar in der Weise, daß man ihn nach Auslösung der Haken l um die Charniere k dreht. Der Rahmen läßt sich dann sammt dem Vordertische d umlegen, und nun kann das Umstellen mit Leichtigkeit ausgeführt werden. Der Block m hat den Zweck, den zu zertheilenden Seifenblock der Schneidevorrichtung, also dem Drahtgitter entgegenzuführen. m ist mit der Zahnstange verbunden; wird die Kurbel gedreht, so bewegt diese das Zahnrad und gleichzeitig setzt sich auch die Zahnstange in Bewegung, die den Seifenblock den kreuzweise gespannten Schneidedrähten entgegentreibt. Diese zerschneiden ihn, ihren gleich großen Abständen entsprechend, in gleich große Riegel.



Hobelmaschine.

Es kann vorkommen, daß sich die Drähte, die in der besprochenen Vorrichtung das Zertheilen der Seifenstücke besorgen, etwas verbiegen. Dann entstehen keine Prismen mit vollkommen ebenen Flächen, sondern unregelmäßig geformte Stücke, die man nicht in den Verkehr bringen will. Diese Unregelmäßigkeiten der Stücke lassen sich jedoch mit Hilfe einer Hobelmaschine corrigiren, deren Messer vollkommen glatte und ebene Flächen schneiden.

Die Seifenmasse besitzt die Eigenschaft, bedeutende Mengen Wasser oder andere Stoffe aufzunehmen, ohne dadurch ihr Aussehen oder ihre allgemeinen Eigenschaften wesentlich zu verändern. Dieses Verhalten wird aber, wie wir bald sehen werden, zur Herstellung von Erzeugnissen benützt, die man als Schwindelfabrikate bezeichnen muß. Eine ganz geringfügige Vermehrung der Seife, die sich sicher noch innerhalb der erlaubten Grenzen bewegt, wird durch das „Schleifen“ der Seife bewirkt. Zu diesem Zwecke fügt man zu der im Kessel befindlichen Seife eine solche Menge schwacher Lauge

Digitized by Google

oder Wasser, bis sie eben gelöst ist, und läßt sie nach dem Sieden langsam erkalten. Solche „geschliffene Kernseife" krystallisirt nicht und zeigt auch nicht die Marmorirung, da die Verunreinigungen zum größten Theile in die Unterlauge gehen.

Seife wird nicht nur als Reinigungsmittel, sondern auch zu zahlreichen technischen Zwecken, wie beispielsweise in der Färberei verwendet. Gewöhnlich benützt man in dieser Branche die sogenannte Marseiller oder Olivenkernseife, die aus minderwerthigem Olivenöle, in neuerer Zeit aber auch aus anderen Oelen, wie Sesam-, Mohn-, Baumwollsaatöl u. s. f. erzeugt wird. Die Marmorirung dieser Seife wird durch Schwefeleisen hervorgerufen. Man fügt der Masse Eisenvitriol und Schwefelnatrium zu, die sich unter Bildung von Schwefeleisen umsetzen. Das Schwefeleisen oxydirt sich aber an der Luft zu Sulfat, das durch das Alkali der Seife in Oxyd zerlegt wird, daher wird die anfänglich blaue Marmorirung mit der Zeit gelb. Um diese Seife zu härten, wird sie mit einem wasserentziehenden Mittel, mit salzhaltiger, starker Lauge in der Hitze tüchtig durchgearbeitet.

Die Harzkernseifen werden aus Fett und Harz erzeugt, die Harze, die sich Alkalien gegenüber wie Säuren verhalten, werden nämlich auch durch Alkali in solcher Weise verändert, daß sie sich bei Gegenwart von Fetten in der entstehenden Seife auflösen. Da das Harz wesentlich billiger ist wie Fett, ist der Preis solcher Seifen ebenfalls geringer, sie besitzen aber noch den Vortheil, daß sie sehr kräftig schäumen, was für verschiedene Zwecke erwünscht ist.

Das bisher besprochene Verfahren der Seifenfabrikation ist das „Sieden auf Unterlauge". Abweichend davon ist die Gewinnung der Kernseifen „auf Leimniederschlag". Sie besteht im Wesentlichen darin, daß dem Seifenleime nur eine solche Menge Kochsalz als wasserentziehendes Mittel zugesetzt wird, daß sich bei längerem Stehen nach und nach ein Seifenniederschlag bildet. Dieses Verfahren kann aber nur ausgeführt werden, wenn außer Fett auch noch Cocos- oder Palmöl vorhanden ist; man erhält dadurch glatte, glänzende und schmutzfreie Seifen, sogenannte „Wachsseifen", die sich durch ein besonders schönes Aussehen auszeichnen.

Die „Unterlauge" der Seifensiedereien enthält wechselnde Mengen Salz, Soda, Aetznatron und Seife, ferner das bei der Spaltung der Fette entstehende Glycerin. In vielen Etablissements, und ganz besonders dort, wo die Seife nur im kleinen Maßstabe hergestellt wird, läßt man diese Unterlaugen weglaufen. Eine Verwerthung kann aber dadurch geschehen, daß man sie eindampft. Man erhält dann eine Seife, Salz und Soda enthaltende gallertartige Masse, die als Walkextract Verwendung findet.

Die zweite Art der Natronseifen, die Halbkern- oder Eschwegerseifen können nur unter gleichzeitiger Verwendung von Cocos- oder Palmkernöl hergestellt werden. Im Wesentlichen besteht das Verfahren ihrer Gewinnung darin, daß man eine aus den genannten Oelen gesottene minderwerthige, sogenannte „Leimseife" mit einer aus Talg dargestellten Kernseife mischt, dies ist das indirecte Verfahren. Man kann diese Seifen aber auch durch directe und gemeinschaftliche Verarbeitung

Digitized by Google

von Talg mit Palmkern- oder Cocosöl herstellen. Die Halbkernseifen zeigen immer etwas Kern- und Flußbildung, diese natürliche Marmorirung wird durch Zugabe von Farbstoffen vermehrt.

Die geringwerthigsten Natronseifen sind die Leimseifen. Sie sind nichts anderes als erkalteter Seifenleim, und enthalten folglich neben fettsaurem Natron auch die gesammte Unterlauge, die hier nicht entfernt wird. Dieses Verfahren öffnet aber der Verfälschung der Seife Thür und Thor, denn es ist bis zu einem gewissen Grade ganz dem Belieben des Fabrikanten überlassen, in den Kern Unterlauge und auch andere Verfälschungsmittel hineinzuarbeiten; die Ausbeuten bewegen sich daher auch innerhalb 250 und 1600%, d. h. können aus 100 kg Rohmaterial bis zu 1600 kg Seife dargestellt werden. Soll die Ausbeute über 260% betragen, so müssen zur Verseifung wesentlich größere Mengen Lauge verwendet werden, da sonst die Seife nicht genügend hart wird. Außerdem erhöht man noch die Ausbeute durch besondere Vermehrungsmittel, wie Wasser, Speckstein, Wasserglas, Mehl, Thon u. s. f. Zu einem billigeren Preise wie Kernseifen können solche „gefüllte" Seifen allerdings abgegeben werden. Da es aber keinem Seifenfabrikanten einfallen wird, sie als das auszubieten, was sie sind, so ist eine so übermäßige Vermehrung als Fälschung und Betrug anzusehen, da die Unwissenheit des Käufers benützt wird, um ihn zu schädigen.

Die Kaliseife ist im Gegensatze zu den Natronseifen weich, salbenartig und geschmeidig, und wird deshalb auch „Schmierseife" genannt. Sie enthält mehr Wasser als Natronseife; während diese im reinen Zustande fettsaures Natron ist, können wir Schmierseife als eine Lösung von fettsaurem Kali in Aetzlauge und Sodalösung ansehen. Früher wurden die Schmierseifen fast ausschließlich aus Thran oder Hanföl erzeugt, heute verwendet man dazu viele andere Oele, wie Lein-, Baumwollsaat-, Erdnuß-, Sesamöl u. s. f., dann aber auch Olein, Talg, Palmöl, Schweinefett und ähnliche Stoffe.

Die Darstellung der Schmierseifen muß sich nach der Jahreszeit richten, um stets ein genügend consistentes Product zu erhalten. Während man im Winter Lein- oder Hanföl verarbeiten kann, muß man im Sommer zur Erhöhung der Festigkeit, um das Zerfließen der Seife zu verhindern, auch andere Oele, die wir schon oben genannt haben, zugeben. Außerdem arbeitet man dann nicht mit reiner Kalilauge, sondern man fügt eine durch die Erfahrung ermittelte Menge Natronlauge zu, um neben fettsaurem Kali auch fettsaures Natron zu erzeugen, das dann die Consistenz erhöht. Auch Schmierseifen werden „gefüllt", als Füllmaterial dient Chlorkalium, dann Wasserglas, Lauge, Kartoffelmehl und ähnliche Substanzen.

Die Erfahrung hat aber auch gelehrt, daß die Beschaffenheit der Seife besser wird, wenn die zur Verseifung dienende Kalilauge nicht nur Aetzkali, sondern auch kohlensaures Kali enthält, die Seifen werden dann weicher, während bei ausschließlicher Verwendung von Kalilauge zähe, gummiartige Massen entstehen. Auf diese Weise werden sowohl die transparenten Schmierseifen, wie auch die Natur-

Digitized by Google

kornseifen dargestellt. Zur Erzeugung der letzteren verwendet man neben weichen Fetten oder Oelen auch solche mit hohem Schmelzpunkte, diese liefern dann das Korn, während die Oele die klare Grundseife geben.

Neben der Naturkornseife, die das „Korn" dem Gehalte an krystallisirter Seife verdankt, werden aber auch „Kunstkornseifen" dargestellt. Man erhält sie durch Vermengen einer glatten, transparenten Schmierseife mit Kreide oder gebranntem Kalk. 10 bis 40% dieser Substanzen werden in die flüssige, warme Seife eingekrückt und ihr dadurch ein künstliches Korn verliehen.

Die Schälseife, glatte, perlmutterartige Schmierseife, Silber- oder glatte Elaïnseife genannt, ist eigentlich ein Mittelding zwischen Kern- und Schmierseife. Sie wird durch Verseifung des Fettes mit einer Kalilauge gewonnen, die 15 bis 30% Natronlauge enthält. Die entstehende Natronseife scheidet sich dann in Form silberglänzender Streifen in der klaren Kaliseife aus und ertheilt ihr ein gefälliges Aussehen.

Die besprochenen Seifenarten können wir als die typischen Repräsentanten dieser wichtigen Producte der chemischen Industrie ansehen. Neben ihnen kommen aber noch zahlreiche andere Seifensorten in den Handel, die verschiedenen Zwecken zu dienen haben. So können wir Seifen, die für die Textilindustrie bestimmt sind, sogenannte Walkseifen, dann Toiletteseifen, medicinische Seifen u. s. f. unterscheiden. Die wichtigsten unter ihnen sind aber unstreitig die Toiletteseifen, deren Erzeugung einen besonderen Zweig der Seifenfabrikation bildet.

Die Toiletteseifen sind das feinste Erzeugnis der Seifenindustrie, und zu ihrer Herstellung muß daher in erster Linie ein reines Rohmaterial verwendet werden. Diesem wird dann die parfumirende Substanz, wie ätherische Oele u. dgl. zugesetzt, und durch Verrühren mit der Seifenmasse auf das Innigste vermischt.

Toiletteseifen sollen aber nicht nur wohlriechend und überhaupt tadellos sein, sondern sie müssen auch dem Auge gefällig erscheinen. Deshalb muß auf ihre Ausstattung, Verpackung und Etiquettirung ganz besondere Sorgfalt verwendet werden. Die Form verleiht man solchen Seifen durch Stanzen in Stanzmaschinen. Die prismatischen Stücke werden zunächst durch Beschneiden annähernd in die richtige Form gebracht und dann der Presse übergeben, die gleichzeitig auch die besondere Benennung der Seife, die Firma des Erzeugers u. s. f. aufprägt.

Man verwendet Seife auch als Träger medicamentöser Stoffe, und sind solche medicinische Seifen in jeder Apotheke in schwerer Menge vorräthig. Die Bereitung ist in mancher Beziehung jener der Toiletteseifen ähnlich; auch hier wird eine tadellose Seife mit den Stoffen, wie Theer, Schwefelblumen, Carbol u. s. f. gemengt. Um die Wirkung zu unterstützen, wendet man neben neutralen Seifen, also solchen, die nur fettsaures Alkali enthalten, auch solche an, die durch überschüssiges Alkali alkalisch oder durch beigemengtes, unverseiftes Fett „überfettet" sind. Auch das in den letzten Jahren als Desinfectionsmittel immer mehr verwendete Lysol ist im Grunde genommen nichts anderes als eine Seife, in der mit antiseptischen Eigenschaften begabte Theeröle emulgirt sind. Auch das

Digitized by Google

REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA



auf der ganzen Welt bekannte „Kalodont“ aus der Sarg'schen Fabrik in Liesing ist im gewissen Sinne zu den medicamentösen Seifen zu rechnen. Es besteht aus bester, vollständig neutraler Seife, die mit Glycerin, Kreidepulver und ätherischen Oelen verrieben ist, und sowohl vermöge ihrer Wirkung, wie auch durch den angenehmen, erfrischenden Geschmack jedes andere Mittel zur Zahnpflege übertrifft.

Wir haben schon wiederholt darauf hingewiesen, daß die Seife durchaus nicht ausschließlich zum Waschen und zur Reinigung überhaupt verwendet wird.

Seifenstanzraum.

(Aus der k. k. priv. Kerzen-, Seifen- und Glycerinfabrik von F. A. Sarg's Sohn in Liesing bei Wien.)

Sie dient auch allein oder im Gemische mit Oelen oder mit Vaseline als Schmiermittel; der Lithograph bedient sich einer Tinte, die Seife enthält; Metallseifen, wie Aluminium-, Mangan-, Zink-, Blei- und Kupferseife werden in der Färberei verwendet; Harzseifen werden in der Papierfabrikation benützt, um die jetzt als Emballage mit Recht so beliebten transparenten Papiersorten herzustellen u. s. f.

Nun haben wir aber noch eine Frage zu erörtern: wie und wodurch wirkt die Seife? Wird eine vollständig neutrale Seife, also im chemischen Sinne fettsaures Alkali mit Wasser behandelt, so spaltet es sich in lösliches, basisches und unlösliches saures Salz. Das basische Salz reagirt aber alkalisch, und auf Grund

Digitized by Google

dieser Beobachtung nahm man früher an, daß freies Alkali entsteht. Dieses sollte dann das auf der Haut oder auf Stoffen vertheilte Fett, das der eigentliche Träger des Schmutzes ist, lösen. Dies ist aber neueren Forschungen zufolge nicht richtig. Dagegen besitzt die Seife und die aus ihr bei der Behandlung mit Wasser entstehenden Producte in hohem Grade die Eigenschaft, emulgirend, also vertheilend auf Fett und andere Stoffe zu wirken. Sie löst also das Fett von der Haut ab, ohne es chemisch zu verändern, und dadurch ist die reinigende Wirkung zu erklären. Eine Stütze für diese Anschauung ist ferner in der Thatsache gelegen, daß auch andere Stoffe, die in keiner anderen Weise als dadurch, daß sie Emulsionen bilden, reinigend wirken können, reinigende Eigenschaften besitzen. So bildet die Wurzel des Seifenkrautes mit Wasser einen zähen Schaum, der als Waschmittel dient, und auch mit Vaselin vermag man sich zu reinigen. Immer bleibt aber die Seife das bequemste und angenehmste Mittel zu diesem Zwecke, das wohl durch keine andere Substanz jemals verdrängt werden wird.

Die Seife ist aber heute nicht nur ein nützlicher und unentbehrlicher Stoff, sondern, wie schon Liebig gesagt hat, ein Maßstab für die Cultur eines Volkes, diese ist um so höher, der Wohlstand und die Bildung um so größer, je mehr Seife es verbraucht. Dies ist aber nicht etwa nur ein geistvoller Ausspruch des großen Gelehrten, sondern er wird durch die dürren Zahlen der Statistik unmittelbar bestätigt. Und als ein erfreuliches Anzeichen müssen wir es betrachten, daß die Production und der Verbrauch an Seife in den civilisirten Ländern von Jahr zu Jahr in steter Zunahme begriffen ist.

---

## Die Kerzenfabrikation.

Gleich der Seifensiederei ist auch die Fabrikation der Kerzen ein altes Gewerbe. Ursprünglich als Hausindustrie oder im engsten Zusammenhange mit der Darstellung der Seife betrieben, hat es aber viele Wandlungen durchmachen müssen, ehe es die heutige Höhe und Vollkommenheit erreichte.

Die Verfahren, nach denen heute Seife dargestellt wird, sind, wenigstens so weit sie den rein chemischen Vorgang betreffen, die gleichen geblieben. Die technische Seite der Fabrikation hat freilich durchgreifende Veränderungen erfahren, und man hat auch die Zahl der Rohproducte, die der Seifensieder von heute verarbeitet, ganz wesentlich vermehrt. Immer handelt es sich aber um die gleiche Reaction, um die Zerlegung eines Fettes durch Alkali in fettsaures Salz (Seife) und Glycerin.

Ganz andere Schicksale hat dagegen die Kerzenfabrikation erlitten. Ursprünglich dienten nur zwei Materialien, die fertig gebildet in der Natur vorhanden sind, zur Lichterzieherei: der Talg und das Wachs. Aus diesen beiden Stoffen wurden Jahrhunderte hindurch die Kerzen erzeugt, und selbst

Digitized by Google

noch am Ausgange des 18. Jahrhundertes hat wohl niemand daran gedacht, daß auch auf diesem Gebiete die Chemie eine wahre Revolution hervorrufen werde. Man kannte eben kein anderes Beleuchtungsmaterial als die schlecht brennende, ablaufende und weiche Talgkerze, oder die — nach unseren Begriffen wenigstens — auch nicht viel bessere, dafür aber theuere Wachskerze, man „schneuzte" sie geduldig mit der Lichtschere, und war auch noch nicht so anspruchsvoll, zum Lesen und Arbeiten mehr Licht zu benöthigen, als es eben eine Talgkerze zu spenden vermag.

Der Umschwung auf diesem Gebiete ist einzig und allein aber den Arbeiten Chevreul's zu verdanken, der als Erster volles Licht über die Natur und die Eigenschaften der Fette verbreitete. Er lehrte das Wesen der Verseifung richtig erkennen, und er zeigte, daß die Fette aus zwei Verbindungen, aus den Fettsäuren und dem Glycerin bestehen.

Als er aber das Wesen der Seife erkannt hatte und wußte, daß sie nichts anderes ist als das Salz von Fettsäuren, blieb er bei dieser Beobachtung nicht stehen. Er bemühte sich, die freien Fettsäuren abzuscheiden und dies gelang ihm auch, die Stearinsäure war aber ein ausgezeichnetes Material zur Herstellung von Kerzen, die sowohl durch ihre Eigenschaften als auch durch die höhere Leuchtkraft jede andere Kerze übertrafen.

Später hat man dann noch andere Stoffe kennen gelernt, die ebenfalls ein treffliches Material für die Kerzenfabrikation bilden, es ist dies das von Reichenbach im Holztheere entdeckte Paraffin und das Ceresin, das aus dem Erdwachse gewonnen wird.

Das Bekanntwerden aller dieser neuen Rohmaterialien verursachte aber auch zahlreiche Verbesserungen in der Technik der Kerzenfabrikation. Man lernte die Fettsäuren in rationeller Weise darstellen, reinigen und voneinander trennen, man verbesserte die Methoden zur Erzeugung eines guten Dochtes, von dessen Beschaffenheit mehr als man denkt, die Güte einer Kerze abhängt, und endlich wurde die chemische Industrie mit einem neuen Stoffe versehen, der heute zu den verschiedensten Zwecken Verwendung findet: mit dem Glycerin.

Heute ist die Kerze als Beleuchtungsmaterial allerdings sehr in den Hintergrund getreten, Petroleum, Gas und Elektricität haben ihre Anwendung bedeutend eingeschränkt, und wir sind durch all diese neuen Beleuchtungsstoffe auch wesentlich anspruchsvoller geworden, so daß uns das Licht einer oder einiger Kerzen lange nicht mehr zu genügen vermag. Trotzdem ist und bleibt die Kerze aber ein Gebrauchsgegenstand, dessen man nie wird entrathen können.

Schon die Griechen und Römer sollen sich neben Oellampen und Fackeln auch der Kerzen bedient haben. Diese Kerzen waren aber nichts anderes als kleine Fackeln, in denen Holzstäbchen die Stelle eines Dochtes vertraten. Erst im 2. Jahrhunderte unserer Zeitrechnung begann man, aus festen, brennbaren Stoffen, also aus Talg und Wachs Kerzen zu erzeugen, die mit einem aus Flachs gedrehten Dochte versehen waren.

Digitized by Google

Man erzeugte diese Kerzen aus einem Gemenge von Talg und Harz, und sie wurden erst besser, als die Garnspinnerei vervollkommnet wurde und die Herstellung richtiger Dochte ermöglichte. Immer war aber noch die Kerze ein sehr selten gebrauchter Gegenstand. Man behalf sich mit Oellampen und erst als der Katholicismus allgemein verbreitet wurde, nahm die Beleuchtung mit Wachskerzen stetig zu. Nicht wenig zu diesem Umschwunge auf dem Gebiete der Beleuchtung trug auch der Luxus der fürstlichen Höfe bei, die ausschließlich die theueren Wachskerzen verwendeten. Welche geradezu ungeheuere Ausdehnung der Verbrauch der Wachslichter dann später annahm, geht daraus hervor, daß beispielsweise zu Beginn des 16. Jahrhundertes rund 36.000 Pfund, das sind 18.000 kg Wachskerzen pro Jahr in der Stiftskirche zu Wittenberg verbrannt wurden.

Das Gießen der Lichter wurde erst im 17. Jahrhunderte erfunden. Bis dahin benützte man ausschließlich gezogene, aus Talg oder Wachs bereitete Kerzen, die eben mit allen Uebelständen der Talgkerze behaftet waren.

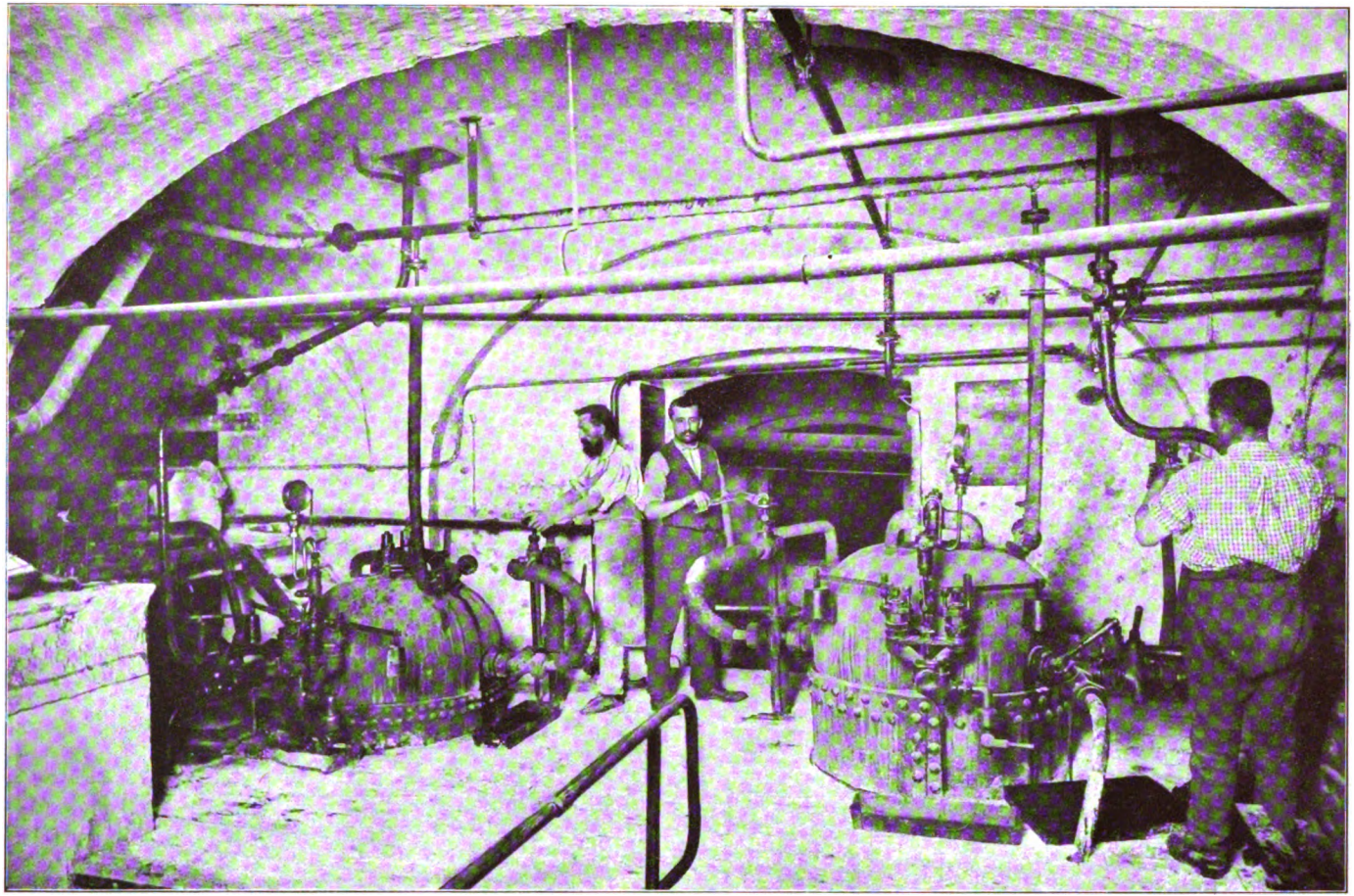
Ein kleiner Fortschritt war zu Beginn des 18. Jahrhundertes in der Kerzenfabrikation zu verzeichnen. Man fing nämlich an, Kerzen aus Walrath herzustellen. Sie waren zwar ungleich schöner und besser als die Talg- oder Wachskerzen, dafür aber wesentlich theurer, so daß sie eigentlich niemals allgemein zur Verwendung kamen.

In den Beginn des 19. Jahrhundertes fielen dann die epochemachenden Versuche Chevreul's und von da ab datirt eine neue Aera auf dem Gebiete der Kerzenfabrikation. Allerdings war man nach der Entdeckung der chemischen Constitution der Fette und der Stearinsäure noch lange nicht so weit, dieses Material auf billige Weise im Großen darzustellen und zur Kerzenfabrikation zu verwenden. Auch bedurfte es noch zahlreicher Versuche und jahrlanger Bemühungen, bis diese Industrie auch nur annähernd auf die heutige Höhe gebracht wurde.

Chevreul selbst nahm sich gemeinsam mit Gay-Lussac im Jahre 1825 ein Privilegium zur Darstellung von Kerzen aus Fettsäuren. Das Verfahren der Abscheidung der Fettsäuren war aber noch zu umständlich, die Erfinder verseiften das Fett mit Alkalien und zerlegten die dabei entstehende Seife mit Salzsäure — auch fehlten Dochte von richtiger Beschaffenheit, so daß das Patent nie zur Geltung kam.

Erst als Cambacères die geflochtenen Dochte einbürgerte und de Milly im Jahre 1831 eine billige Darstellung der Fettsäuren — durch Verseifung mit Kalk und Zerlegung der Kalkseife mit Schwefelsäure — lehrte, war die Idee Chevreul's verwerthbar geworden und de Milly errichtete gemeinsam mit Motard die erste Kerzenfabrik in der Nähe der Barrière de l'étoile zu Paris. Die dort erzeugten Kerzen wurden nach ihrem Erfinder „Millykerzen" oder „Bougies de l'étoile" genannt. Aber immer noch hatte man mit großen Schwierigkeiten zu kämpfen und eine der größten derselben war die Krystallisation der Stearinsäure beim Gießen der Kerzen, dadurch verursacht, daß man das Stearin vor dem Gießen zu stark erhitzte. Man konnte zwar diesem Uebelstande durch die

Digitized by Google



Autoclavenraum.

Aus der k. k. priv. Kerzen-, Seifen- und Glycerin-Fabrik von F. A. Sarg's Sohn & Co. in Liesing bei Wien.

Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

Digitized by Google

Zugabe von arseniger Säure abhelfen, doch wurden dadurch die Kerzen direct gesundheitsschädlich. Bald fand man aber, daß ein Zusatz einer geringen Menge Wachs den gleichen Dienst leistet, am einfachsten läßt sich aber das Uebel beheben, wenn man die Stearinmasse vor dem Gießen so lange rührt, bis sie anfängt zu einem krystallinischen Brei zu erstarren.

Nach diesem kurzen Rückblicke auf die Entwickelung der Kerzenfabrikation wollen wir uns, unter Uebergehung der älteren, unvollkommenen Verfahren, mit dieser Industrie selbst vertraut machen.

Als Rohmaterialien zur Herstellung der Fettsäuren können außer Talg auch andere minderwerthige Fette verwendet werden. Zunächst handelt es sich darum, diese Fette zu zerlegen, in gleicher Weise, wie dies in der Seifenfabrikation geschieht. Während man dort aber die Verseifung mit Kali- oder Natronlauge vornimmt, bedient man sich hier des Kalkes und zerlegt die entstehende Kalkseife mit Schwefelsäure, wobei einerseits Gips, andererseits die freien Fettsäuren entstehen.

Diese Art der Kalkverseifung ist aber mit vielen Nachtheilen behaftet und es war ein bedeutender Fortschritt, als Milly im Jahre 1831 zeigte, daß die Verseifung auch mit weit weniger Kalk vorgenommen werden kann, wenn man sich nicht darauf beschränkt, das Fett mit der Kalkmilch einfach zu kochen, sondern wenn man das Gemisch gleichzeitig auch einem Drucke von etwa 10 bis 12 Atmosphären aussetzt. Dann genügen 2 bis 3% Kalk, um das Fett vollständig zu spalten. Man hat aber dann auch weit weniger Schwefelsäure zur Zerlegung der Kalkseife nöthig und die ganze Manipulation wird wesentlich vereinfacht.

Die zur Ausführung dieser Operation erforderlichen Apparate, die sogenannten „Autoclaven" sind hohe, cylindrische Gefäße aus starkem Kesselblech, in die von oben das Rohmaterial eingetragen wird. Nach beendeter Spaltung — in neuerer Zeit benützt man an Stelle des Kalkes auch Magnesia — wird der Inhalt der Autoclaven abgelassen und das Glycerinwasser, aus welchem Glycerin gewonnen wird, von den Fettsäuren getrennt. Diese werden noch wiederholt mit Wasser und verdünnter Schwefelsäure gewaschen und dann weiter verarbeitet.

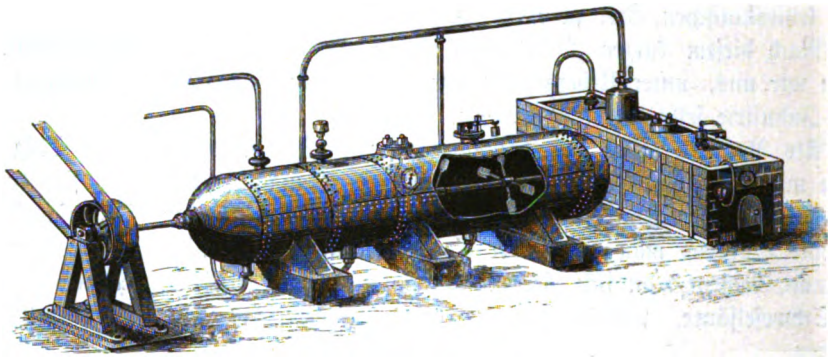
Eine von den beschriebenen und in vielen Fabriken im Gebrauche stehenden Autoclaven abweichende Form rührt von Droux her. Er benützt einen mit einer Rührvorrichtung versehenen, aus Kupfer verfertigten, liegenden Cylinder, der ungefähr 8 m lang ist. In diesen werden 3000 kg Fett und circa 80% Kalk gebracht und nun, während das Rührwerk in Thätigkeit ist, unter Druck verseift. Der hierzu erforderliche Dampf wird in einem Dampfkessel erzeugt. Jede Operation währt 6 bis 7 Stunden, der im Apparate herrschende Druck beträgt 7 bis 8 Atmosphären.

Außer durch Verseifung mit Kalk kann die Zerlegung der Fette aber noch in anderer Weise vorgenommen werden. So bewirkt auch Schwefelsäure eine Spaltung der Fette, doch sind die Fettsäuren dann braun gefärbt und müssen zur weiteren Reinigung noch der Destillation unterzogen werden, was bei der Kalkverseifung nur bei einem Theile der Fettsäuren nöthig ist.



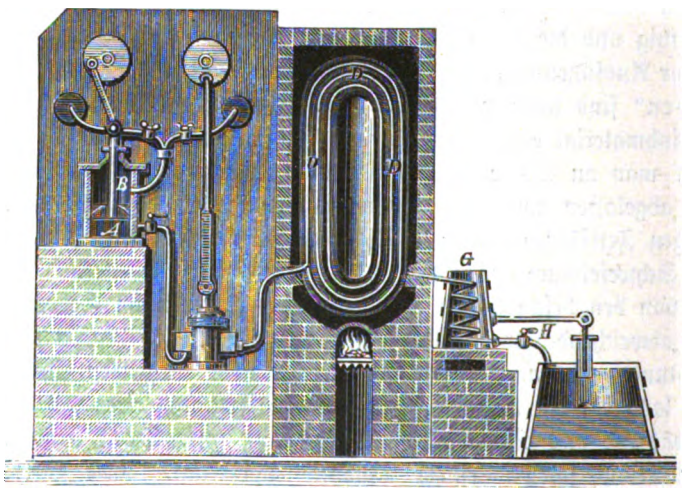
Digitized by Google

Auch durch Wasserdampf allein unter starkem Druck können die Fette verseift werden. Zu diesem Zwecke construirte Tilghman einen Apparat, den die untenstehende Abbildung veranschaulicht. Er besteht aus dem Kessel A, in dem



Autoclav von Droux.

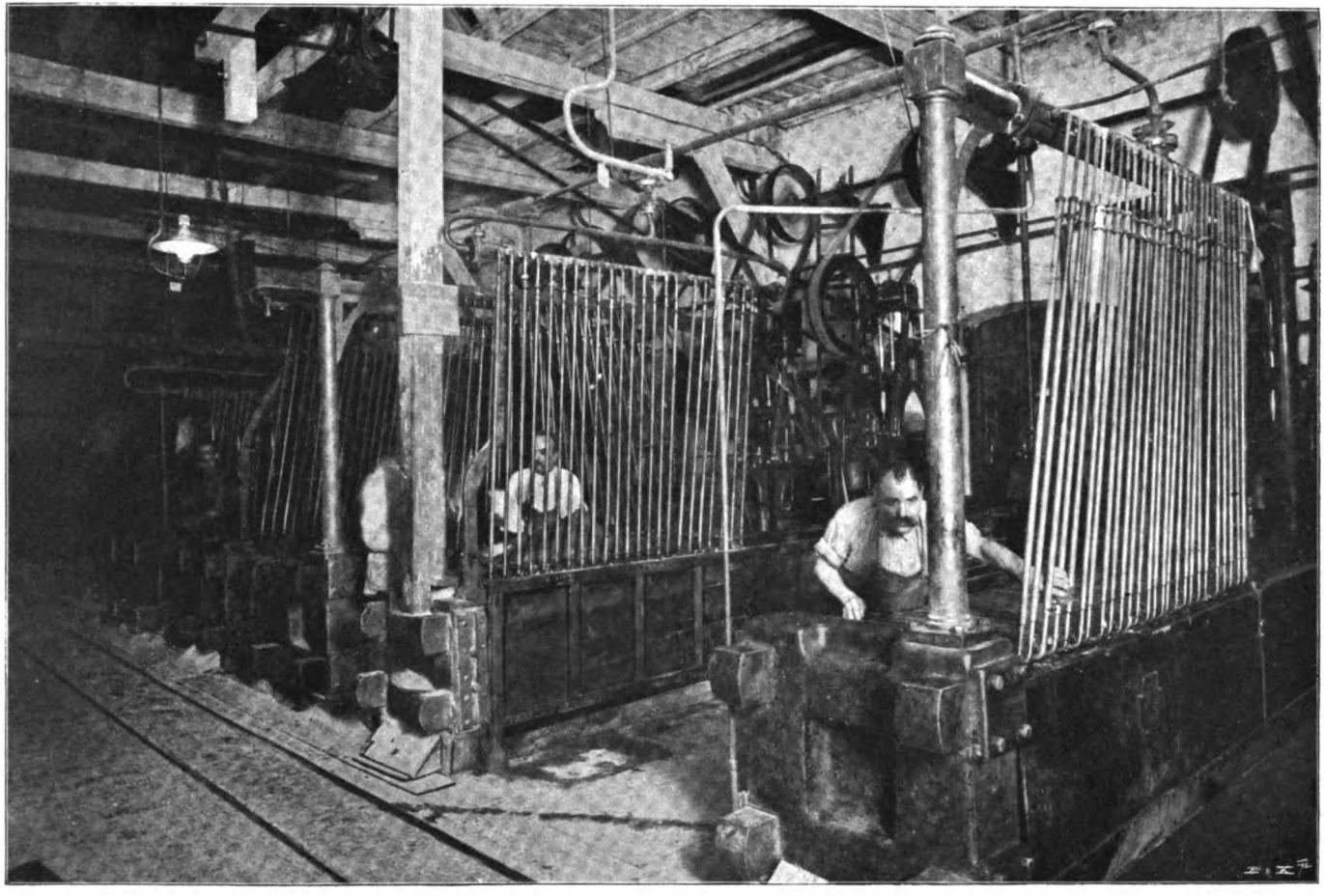
das vorher von den Verunreinigungen befreite Fett mit heißem Wasser in innige Berührung gebracht wird, um emulgirt zu werden. Dies wird durch die rasche Auf- und Abbewegung des siebartig durchlöcherten Kolbens B erreicht. Diese Emulsion wird mittelst der Druckpumpe C durch das mehrfach gewundene Rohr D




Apparat zur Verseifung der Fette von Tilghman.

getrieben. Unter diesem befindet sich die Feuerung, sie erhitzt dieses Rohr auf die Temperatur des schmelzenden Bleies. Hier findet die Zerlegung des Fettes statt, in dem Kühlrohre G wird dann das Gemisch von Glycerin, Wasser und Fettsäuren auf etwa 100° abgekühlt.

Digitized by Google



**Stearinfilterpreſſen.**

**Aus dem Etabliſſement von F. A. Sarg's Sohn & Co. in Lieſing bei Wien.**

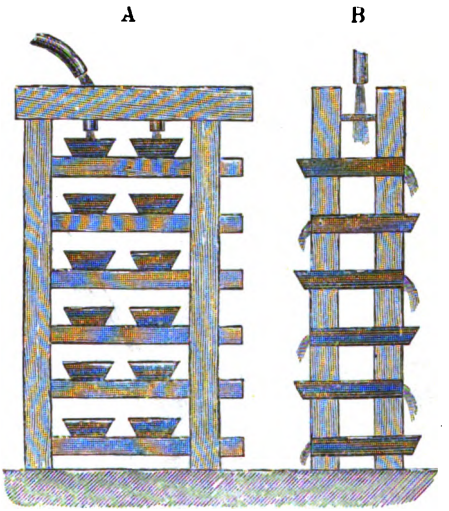
Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

Digitized by Google

Durch das Rohr H gelangt dann die Flüssigkeit in einen Sammelbehälter. Bei H ist aber ein Ventil angebracht, das sich nur dann öffnet, wenn die Pumpe in Thätigkeit ist. Steht sie still, so vermag die im Apparate vorhandene Flüssigkeit nicht auszutreten. Im Allgemeinen genügt es, die Fette durch zehn Minuten in der beschriebenen Weise zu behandeln, um sie vollständig zu zerlegen.

Das durch die Verseifung und darauf folgende Zerlegung der vorhandenen Kalkseife mit Schwefelsäure erhaltene Product ist, wie wir wissen, kein einheitlicher Körper, sondern ein Gemenge von drei Fettsäuren, von Stearin-, Palmitin- und Oelsäure. Es handelt sich nun darum, aus diesem Gemenge die Stearinsäure abzuscheiden. Dies gelingt auf Grund der verschiedenen Schmelz-, beziehungsweise Erstarrungspunkte dieser drei Säuren. Stearin- und Palmitinsäure schmelzen erst bei Temperaturen, die über 60° liegen, reine Oelsäure erstarrt bei 4° und schmilzt bei 14° C. In der Praxis nimmt man aber eine Trennung von Stearinsäure und Palmitinsäure nicht vor, sondern man begnügt sich aus dem Gemenge der Säuren die Oelsäure abzuscheiden, das hinterbleibende Product, das „Stearin", dient dann zur Fabrikation der Kerzen.



Gestell mit den Blechformen.
A Vorderansicht. B Seitenansicht.

Die Trennung der festen von den flüssigen Fetten geschieht durch Pressen. Zunächst müssen aber die Fettsäuren erstarren gelassen werden. Zu diesem Zwecke bringt man sie in flache Blechformen, die an einer Seite mit einem Ausgusse versehen sind. Man ordnet diese Formen in hölzernen Gestellen in solcher Weise an, daß die Ausgüsse abwechselnd in jeder Verticalreihe nach rechts und nach links stehen und die Formen etwas übergreifen. Füllt man nun die oberste Reihe der Formen mit den flüssigen Fettsäuren, so fließt, sobald die Formen gefüllt sind, das flüssige Material auf die nächste, tiefer liegende Reihe, von dieser auf die nächste u. s. f.

Die gefüllten Formen überläßt man bei einer Temperatur von 25 bis 30° durch 24 Stunden der Ruhe. Nun krystallisirt die Stearin- und Palmitinsäure aus und es hinterbleibt flüssige Oelsäure, die geringe Mengen der beiden anderen Säuren gelöst enthält. Andererseits ist aber auch der krystallisirte Antheil nicht rein, sondern er enthält ebenfalls noch Oelsäure, die durch Abpressen entfernt wird.

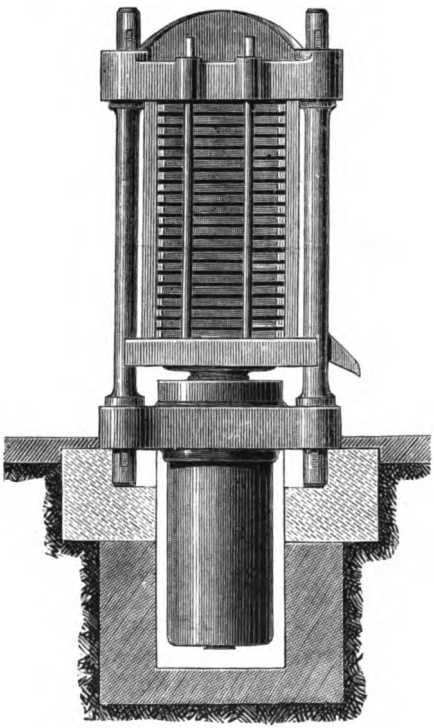
Zu diesem Zwecke werden die Kuchen ausgehoben und in Preßtücher eingeschlagen, die man zwischen die Platten einer hydraulischen Presse bringt. Hier



Digitized by Google

setzt man sie einem nach und nach steigenden Drucke aus, wodurch der größte Theil der Oelsäure abläuft. Dann werden die Kuchen in eine zweite Presse gebracht, die doppelwandige Preßplatten besitzt. Zwischen die doppelten Wandungen wird Dampf geleitet, durch neuerliche Pressung bei höherer Temperatur wird dann fast alle Oelsäure entfernt. Das beigeheftete Cartonvollbild veranschaulicht die Einrichtung dieser Warmpressen in der Sarg'schen Fabrik zu Liesing.

Eingehender ersehen wir die Construction solcher Pressen aus der Abbildung Seite 773. Durch das Rohr R gelangt das zur Ausübung des Druckes dienende Wasser in den Preßcylinder G, in dem es auf den großen Kolben o wirkt, der den Druck seinerseits auf die Preßplatten P und die zwischen diesen liegenden, mit den Fettsäuren gefüllten Tücher überträgt. Dann wird durch das Dampfrohr V Dampf zugeleitet, er gelangt durch die Schläuche oder Rohre in die doppelwandigen Preßplatten, die auf rund 40° erwärmt werden. Bei dieser Temperatur ist die Stearin- und Palmitinsäure noch ziemlich fest, die Oleïnsäure dagegen schon so dünnflüssig, daß sie leicht abgepreßt werden kann.



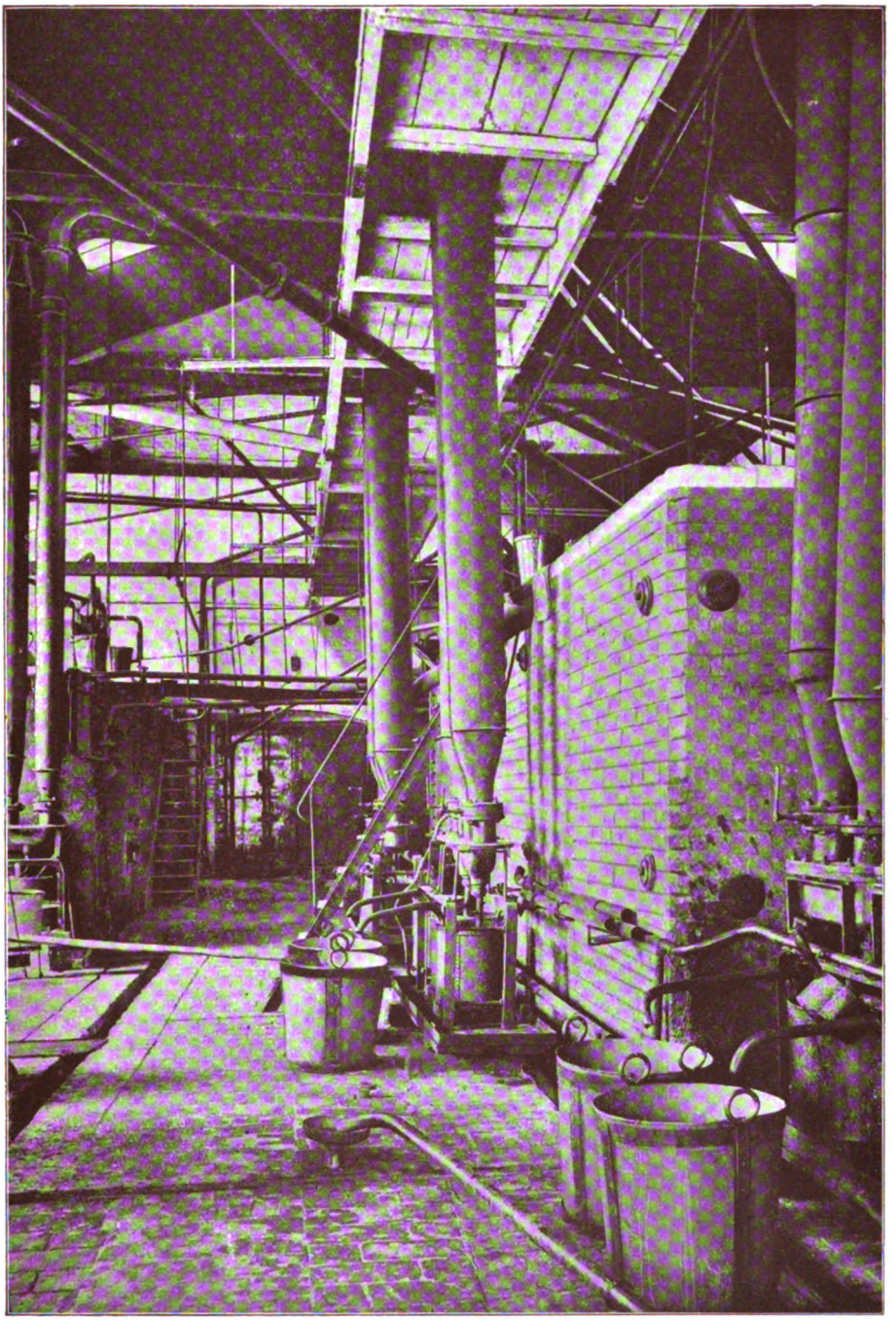
Hydraulische Kaltpresse.

Ist das Pressen beendet, so werden die Kuchen aus den Tüchern genommen. Sie sind fast weiß, nur an den Rändern sitzt noch Oelsäure, und diese sind dunkler gefärbt. Man bricht sie ab und die Mittelstücke können, nachdem sie noch einer Läuterung mit verdünnter Schwefelsäure unterzogen wurden, unmittelbar zum Gießen der Kerzen verwendet werden.

Bevor wir diesen Vorgang aber besprechen, wollen wir vorher noch ein weiteres Verfahren zur Reinigung der Fettsäuren kennen lernen, und zwar die Destillation derselben. In jenen Fabriken, die mit Kalkverseifung arbeiten, muß nicht die ganze Menge der gewonnenen Fettsäuren dieser Operation unterworfen werden, sondern nur der minder reine Theil. Dagegen ist das durch Verseifung mit Schwefelsäure erhaltene Fettsäuregemenge braun gefärbt und muß unbedingt destillirt werden.

Würde man die Fettsäuren in eine Retorte füllen und durch directe Feuerung erhitzen, so wäre die Zersetzung des größten Theiles derselben die Folge. Dagegen gelingt die Destillation und die damit verbundene Reinigung mit ganz geringen

Digitized by Google



Destillation der Fettsäuren.

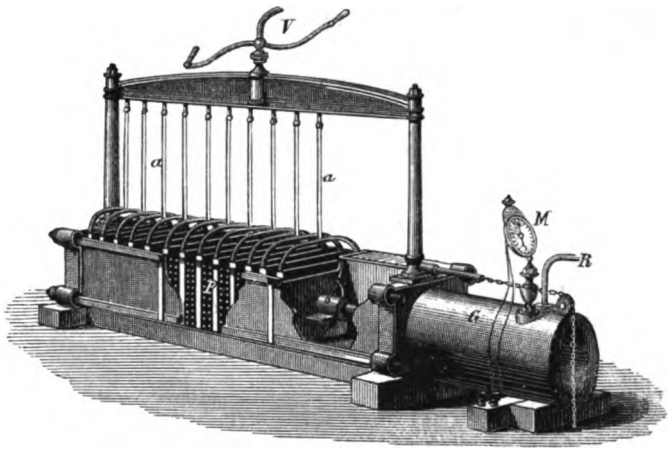
(Aus der k. k. priv. Kerzen-, Seifen- und Glycerin-Fabrik von F. A. Sarg's Sohn & Co. in Liesing.)

Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

Digitized by Google

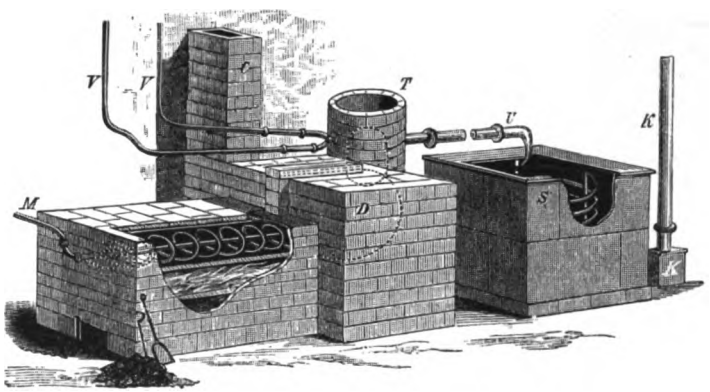
Verlusten, wenn man die Fettsäuren vor der directen Einwirkung des freien Feuers bewahrt und die Luft abhält. Man wendet deshalb überhitzten Wasserdampf, dessen Temperatur 250 bis 300° beträgt, an. Das beigeheftete Carton-




Warmpresse.

vollbild veranschaulicht die Anlage der Destillirvorrichtung für die Fettsäuren in der Liesinger Fabrik.

Die innere Einrichtung eines solchen Destillirapparates, dessen Anlage übrigens fast in jeder Fabrik verschieden ist, geht aus der untenstehenden Abbildung hervor.



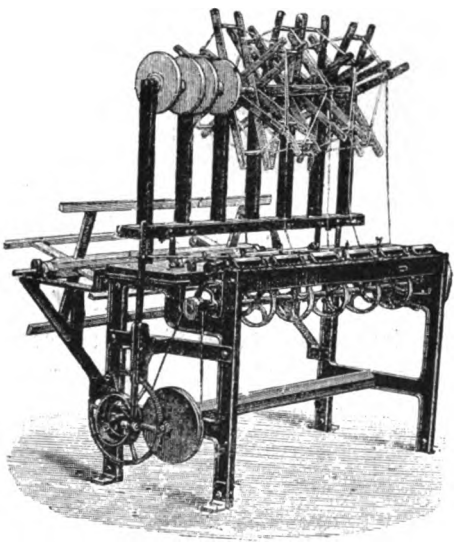

Apparat zur Destillation der Fettsäuren.

Der Apparat besteht aus drei Theilen: dem Dampfüberhitzer, der Retorte und der Kühlvorrichtung. In einer Feuerung liegt eine aus Stabeisen verfertigte Spirale, die rings von den Flammen umspielt wird, die Verbrennungsproducte der Feuerung ziehen nach dem Schlote C. Der von einem Dampfkessel kommende Dampf tritt

Digitized by Google

durch das Rohr M ein, geht durch die Feuerung und strömt endlich in die Retorte D, die aus Gußeisen oder Kupfer verfertigt ist. Aus dem oberen Theile der Retorte zweigt ein Rohr U ab, das in eine eiserne Kühlschlange mündet, die von kaltem Wasser umspült wird. Das Kühlrohr führt die Destillationsproducte in die Vorlage K, während die bei der Destillation entstehenden gasförmigen Producte durch ein Rohr nach außen oder in den Schornstein entweichen.

Wir haben nun die Gewinnung des Stearins aus dem Fette kennen gelernt und es bis zu jenem Stadium der Kerzenfabrikation verfolgt, in dem es genügend gereinigt ist, um zum Gießen der Kerzen verwendet zu werden. Ehe wir jedoch diesen rein mechanischen Theil der Fabrikation besprechen, wollen wir zunächst noch kurze Zeit bei der Herstellung und Präparation der Dochte verweilen.



Dochtflechtmaschine.

Der Docht ist ein sehr wichtiger Theil der Kerze, ja er ist ebenso wichtig wie die Beschaffenheit des Kerzenmateriales selbst. Mag dieses eine noch so ausgezeichnete Beschaffenheit besitzen, so brennt die Kerze doch nur schlecht, wenn gleichzeitig nicht auch ein guter Docht verwendet wurde.

Zwischen dem Dochte und den Dimensionen der Kerze muß stets ein gewisses Verhältnis eingehalten werden, der Docht muß im Stande sein, das durch die Hitze der Flamme geschmolzene Stearin in dem Grade aufzusaugen, als es die Flamme verbrennen kann. Andererseits muß der Docht aber selbst auch, sobald er seine Schuldigkeit gethan, verbrennen, er darf nicht, wie dies bei den Talgkerzen der Fall ist, im halb verkohlten Zustande überhängen und einen „Räuber" bilden.

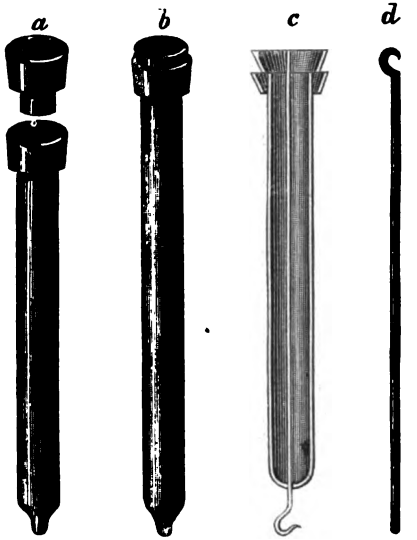
Diese Eigenschaften erhält der Docht einerseits durch eine zweckentsprechende Herstellung mit Hilfe besonderer Vorrichtungen, den Dochtflechtmaschinen, andererseits aber durch Behandlung mit Substanzen, die die Verbrennung und die Bildung einer spröden Kohle befördern. Gewöhnlich wendet man Borsäure zu diesem Zwecke an, dem Dochte selbst ertheilt man aber schon bei der Herstellung eine schraubenförmige Anordnung der einzelnen Fäden. Unter dem Einflusse der Spannung, in der sich die einzelnen Baumwollfäden des zopfartig, gewöhnlich nur dreischnürig geflochtenen Dochtes befinden, erleidet das aus der Kerzenmasse hervorragende Ende eine Krümmung. Dadurch befindet sich aber die Spitze des Dochtes immer außerhalb der Flamme und verglimmt hier sehr rasch. Die Asche vereinigt sich zu einem kleinen Kügelchen, das, wenn der Docht correct hergestellt

Digitized by Google

und präparirt wurde, von Zeit zu Zeit abspringt und das ehemals so lästige Säubern des Dochtes mit der Lichtschere überflüssig macht.

Lange Zeit kannte man kein anderes Verfahren zur Herstellung der Kerzen, als das „Ziehen" derselben. Der Docht, der vorher mit Wachs steif gemacht war, wurde wiederholt in geschmolzenen Talg getaucht, bis sich eine der Dicke der Kerze entsprechende Menge Talg daran festgesetzt hatte. Ganz abgesehen davon, daß diese Operation bedeutende Geschicklichkeit erforderte und nur nach langer Uebung tadellose Kerzen ergab, konnte sie mit der Zeit der gesteigerten Nachfrage nicht mehr entsprechen, und man ging daran, die Lichter zu gießen.

Das Gießen der Kerzen geschieht mit Hilfe von Formen, die schwach conisch geformt sind, um das Herausziehen der fertigen Kerzen zu erleichtern. Innen sind diese Formen vollständig glatt und blank, denn nur dann erhält die Kerze einen schönen Glanz. Der Docht wird in die Achse oder den „Steg" der Form eingezogen und am unteren Ende in einem kleinen Loche, am oberen, weiten Ende mit Hilfe eines aufgesetzten Trichters, in dem eine schmale, mit einem Loche versehene Brücke vorhanden ist, befestigt. Durch diesen Trichter wird auch der geschmolzene Talg eingegossen, er umhüllt gleichmäßig den Docht und erstarrt, worauf die Kerze aus der Form genommen werden kann. In der nebenstehenden Abbildung ist mit a eine aus beiden Theilen bestehende Form, mit b diese zusammengesetzt, mit c ein Längsschnitt durch die mit dem Dochte versehene Form, und mit d endlich die Dochtnadel bezeichnet, mit deren Hilfe der Docht in die Form eingezogen wird.



a bis c Kerzengießform, d Dochtnadel.

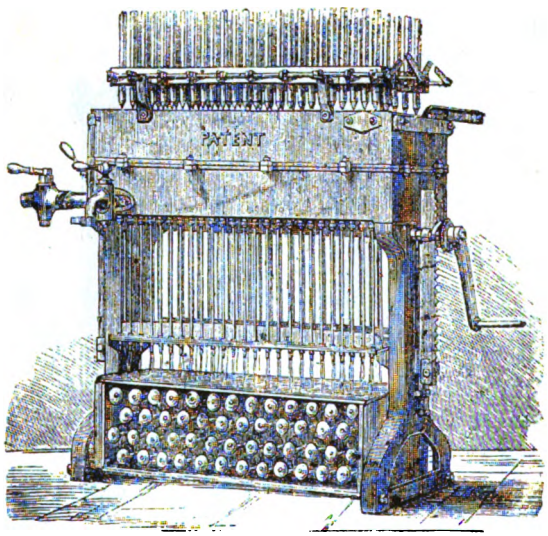
Aber auch durch die Einführung dieser Formen war man nicht im Stande, den Bedarf an Kerzen zu decken. Die Manipulation ist zu zeitraubend, das Einziehen des Dochtes vor jedem Guße verursacht Mühe, man construirte deshalb Vorrichtungen, sogenannte Kerzengießmaschinen, die die gleichzeitige Herstellung einer sehr großen Anzahl Kerzen gestatten. Sobald ein Guß vollendet und die Formen entleert sind, ist die Maschine sogleich zur Ausführung eines neuen Gußes geeignet.

Eine solche Kerzengießmaschine, System Wünschmann, veranschaulicht die Abbildung Seite 776. Die Formen, und zwar je nach der Größe der Maschine 100 bis 160, stehen in zwei Doppelreihen in einem geschlossenen gußeisernen Kasten, und zwar in solcher Weise, daß sie am oberen und unteren Boden des Kastens vollständig abgedichtet sind und diese Böden durchsetzen.

Digitized by Google

Jede einzelne Form ist eine an beiden Seiten offene Röhre. In ihr verschiebt sich der „Piston", der die Form für die Spitze der Kerze bildet und an einem schwachen eisernen Rohre befestigt ist. Die Formen verjüngen sich mäßig nach unten; nimmt der Piston den tiefsten Standpunkt ein, so schließt er die Form nach unten vollständig ab. Sämmtliche Pistons einer Kerzengießmaschine sind an einem gemeinsamen Rahmen befestigt, und können durch eine Kurbel und ein Getriebe gleichmäßig auf und ab bewegt werden.

Den unteren Theil der Vorrichtung bildet der Dochtkasten. Er enthält ebenso viele Dochtspulen, als Formen vorhanden sind, und zwar läuft jeder Docht durch einen Piston, der zu diesem Zwecke an der Spitze mit einer Oeffnung versehen ist. Die Weite dieser Oeffnung ist so gewählt, daß sie durch den Docht vollkommen ausgefüllt wird und kein Stearin austreten kann.



Kerzengießmaschine, System Wünschmann.

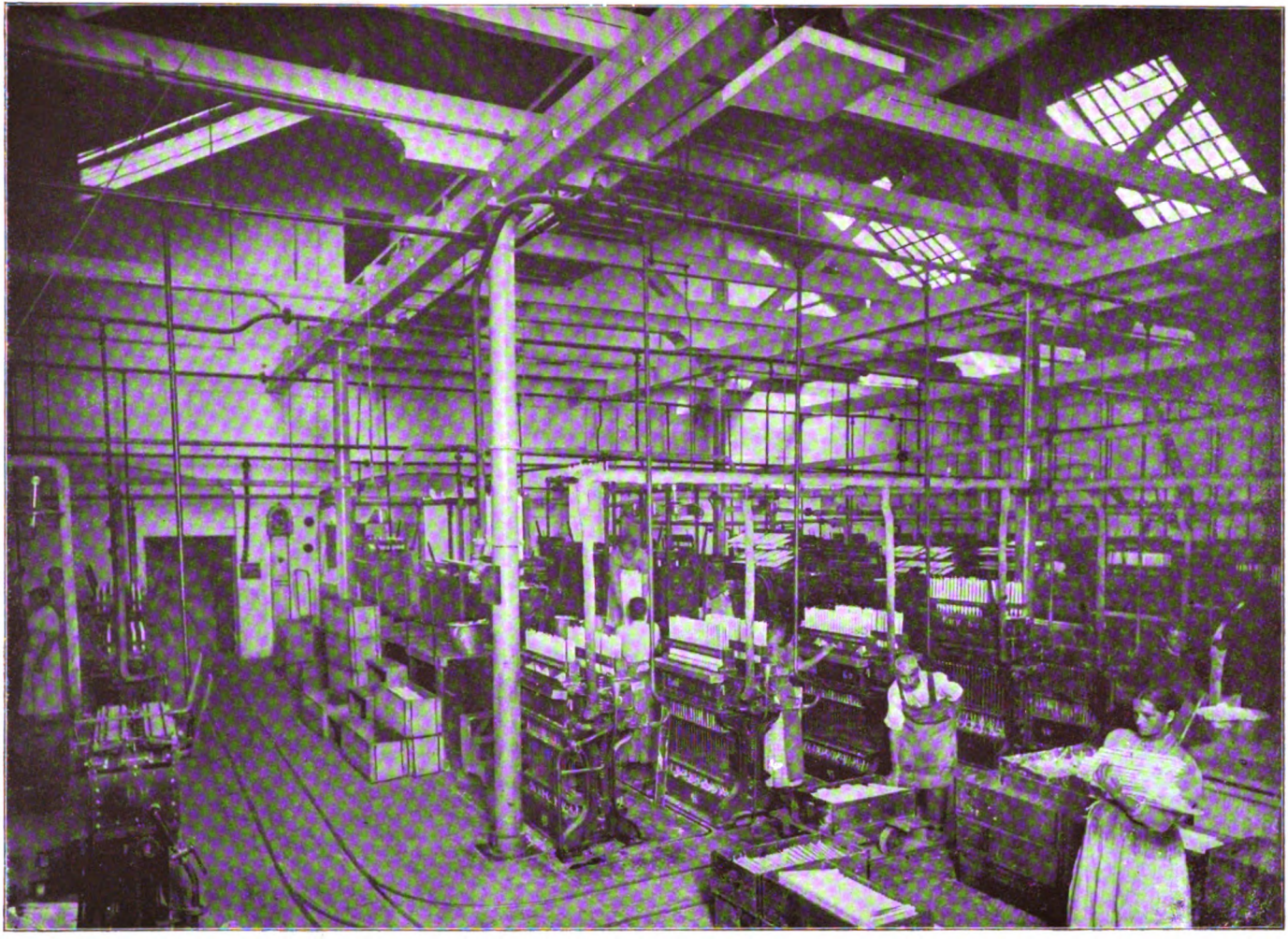
Oberhalb der beiden Tröge, die oben die Doppelreihen der Formen einschließen, befindet sich ein Apparat, der Klemmer genannt; er dient dazu, die fertigen, aus den Formen gehobenen Kerzen zu halten, und kann mit Hilfe eines Charnieres nach einer Seite der Maschine umgelegt werden.

Sind die Dochte eingezogen, so werden sie vor Ausführung des ersten Gußes oberhalb der Klemmer an ein der Quere nach gelegtes Hölzchen angeknüpft. Dann läßt man in den Kasten, der die Formen umschließt, Dampf einströmen, um sie zu erwärmen; dies hat den Zweck, ein zu rasches Erstarren der frisch gegossenen Kerzen zu verhindern.

Nun wird flüssiges Stearin in die beiden Tröge gegossen, so daß sich die Formen füllen. Ist dies geschehen, so läßt man in den Kasten Kühlwasser laufen, um die Abkühlung der Kerzen zu beschleunigen. Ueber den Formen bildet das überschüssige Stearin eine Gußdecke, die, sobald sie genügend erhärtet ist, mit Hilfe eines Messers entfernt wird.

Sind endlich auch die Kerzen vollständig erkaltet, so genügt eine Drehung an der Kurbel, um sie alle auf einmal aus den Formen zu heben. Gleichzeitig wird aber auch der Docht in allen Formen nachgezogen. Die Kerzen gleiten durch die geöffneten Klemmer und werden dort, am höchsten Punkte angelangt, festgeklemmt. Nun werden durch Zurückdrehen der Kurbel die Pistons wieder in die

Digitized by Google



**Kerzengießsaal.**

**Aus dem Etablissement von F. A. Sarg's Sohn & Co. in Liesing bei Wien.**

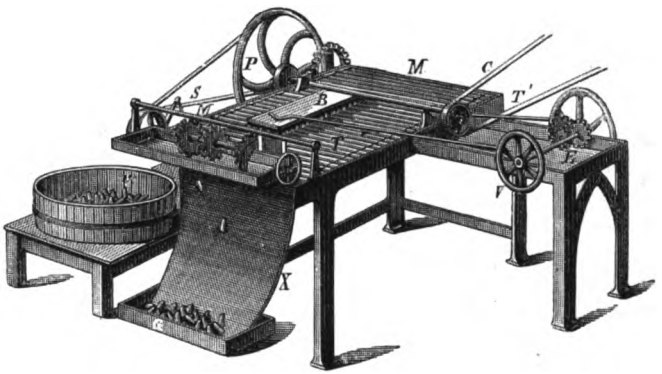
Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

Digitized by Google

ursprüngliche Lage, in der sie die Formen unten verschließen, zurückgebracht, und jetzt ist die Vorrichtung zu einem neuen Guße bereit, die Dochte werden von den festgeklemmten, fertigen Kerzen gehalten. Ist die zweite Gußdecke erhärtet, so werden die Dochte durchschnitten, die Klemmer mit den Kerzen zur Seite der Maschine umgelegt und entfernt. Auf diese Weise fährt man fort zu gießen, und es ist leicht einzusehen, daß die Leistungsfähigkeit einer solchen Vorrichtung ganz bedeutend ist. Jede Spule enthält Docht für mehrere hundert Kerzen, ist sie abgelaufen, so wird sie durch eine neue ersetzt.

Ehe die Kerzen zur Verpackung gelangen, werden sie noch einer Behandlung unterzogen, die lediglich eine Verschönerung der Waare bezweckt. Sie besteht in dem Beschneiden des Kerzenfußes und im Poliren. Dies alles besorgt eine Maschine, da die Handarbeit nicht nur zu theuer käme, sondern auch zu langsam




Kerzenbeschneid und Polirmaschine.

wäre. Die nebenstehende Abbildung zeigt die diesem Zwecke dienende, von Binet construirte Vorrichtung.

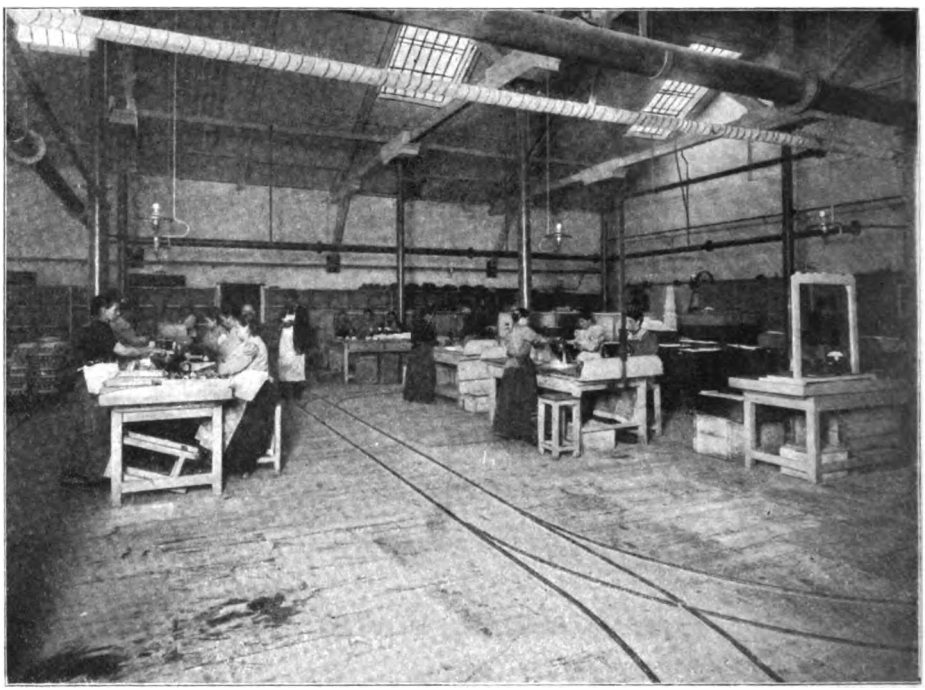
Die Kerzen werden zunächst in dem Bottich V mit Seifenwasser oder einer verdünnten Sodalösung befeuchtet und dann in die Cannelirungen der Räder M eingelegt. Dies geschieht mit der Hand, und zwar in solcher Weise, daß die Spitzen der Kerzen gleichmäßig die Scheibe S berühren. Die cannelirten Räder bewegen sich langsam um ihre Achse und nehmen die eingelegten Kerzen mit. Auf diesem Wege begegnen sie einer kleinen Circularsäge, deren Zähne die Fußenden gleichmäßig abschneidet, wodurch alle Kerzen auf genau gleiche Länge gebracht werden.

Dann fallen die Kerzen auf einen aus Stäben gebildeten Rost und gelangen von hier einzeln zwischen die Stäbe des endlosen Rostes MM, der, durch Kettenglieder verbunden, sich in langsam fortschreitender Bewegung befindet. Die Kerzen bewegen sich also langsam weiter und werden gleichzeitig, da sich der Rost über einer feststehenden Unterlage bewegt, veranlaßt, sich um ihre Achse zu drehen. Während dieses Weges bewegt sich aber über ihre Oberfläche die hin und her

Digitized by Google

gehende Reibe- und Polirvorrichtung B, die durch den Mechanismus TT' und V bewegt wird. Einzig und allein durch das Reiben erhalten die Kerzen eine glatte Oberfläche und matten Glanz. Die fertigen Kerzen fallen am Ende des Rostes in einen Behälter, die durch die Kreissäge abgeschnittenen Stücke sammeln sich in dem Kasten G an.

Sind endlich die Kerzen noch mit dem Firmastempel versehen, der mit Hilfe einer erwärmten Metallmatrize eingeprägt wird, so gelangen sie in den Packetirsaal, in dem sie verpackt und zur Versendung vorbereitet werden.



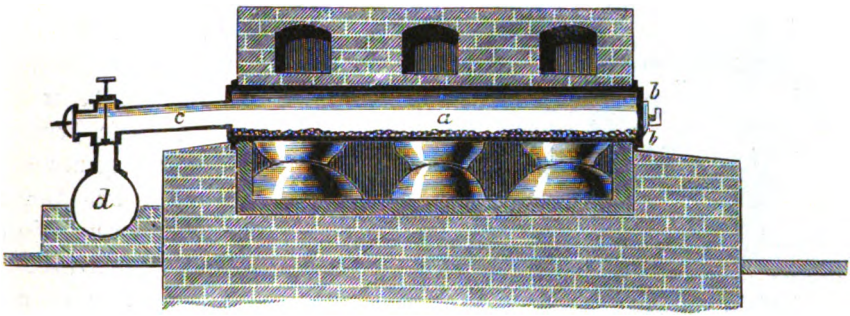
Kerzenpacketirsaal.
(Aus dem Etablissement von F. A. Sarg's Sohn & Co. in Liesing bei Wien.)

Außer dem Stearin spielen in der Kerzenfabrikation aber noch drei andere Stoffe eine hervorragende Rolle. Es sind dies Bienenwachs, Ceresin und Paraffin. Das Bienenwachs wird wie bekannt von unseren Bienen producirt, das Ceresin wird aus einem in der Natur an einzelnen Orten in großen Mengen vorkommenden Kohlenwasserstoffe, dem Erdwachse oder Ozokerit durch Raffination desselben dargestellt und das Paraffin endlich, das dem Ceresin sehr nahe steht, wird aus dem Theere, der sich bei der trockenen Destillation der Braunkohle bildet, dargestellt. Die Darstellung des Ceresins ist durch das beschränkte Vorkommen des Erdwachses innerhalb bestimmte Grenzen gewiesen, dagegen ist die Verarbeitung des Braun-

Digitized by Google

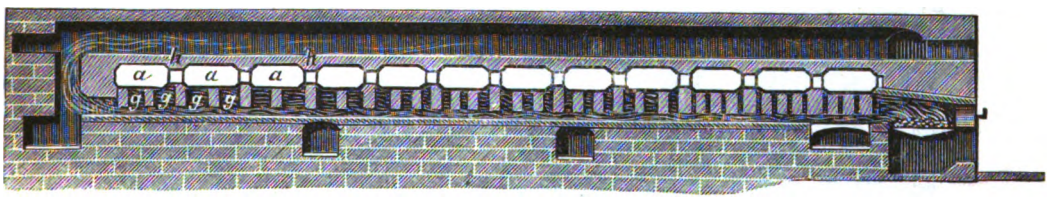
kohlentheeres, der andere Eigenschaften und eine andere Zusammensetzung besitzt wie der Steinkohlentheer, heute eine große und bedeutende Industrie geworden.

Die ersten Versuche, durch trockene Destillation der Braunkohle Paraffin und andere werthvolle Stoffe zu erhalten, wurden im Jahre 1846 in der Fabrik von Göhler & Co. in Aschersleben ausgeführt. Doch erst im Jahre 1858 gelang es dem Director dieser Fabrik, L. Grotowsky, das Verfahren so weit zu verbessern, daß man aus den sich bei der Destillation bildenden „schweren" Oelen ein




Liegende Retorte zur trockenen Destillation der Braunkohle.

zu Leuchtzwecken geeignetes Product, das Solaröl und Paraffin (Schmieröle) darstellen und in den Handel bringen konnte. Mit der Zeit wuchs diese Industrie zu einer bedeutenden Höhe heran; die zahlreichen, heute in Deutschland bestehenden Fabriken, die sich mit der chemischen Verwerthung der Braunkohle befassen, liegen



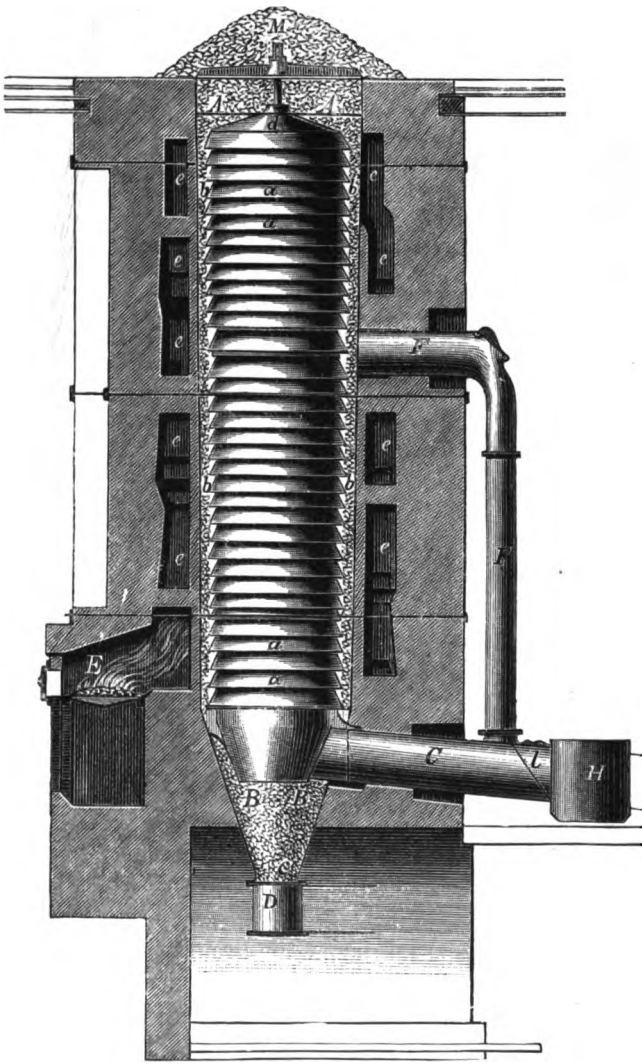

Ofen mit liegenden Retorten zur trockenen Destillation der Braunkohle.

alle in oder doch dicht bei dem sächsisch-thüringischen Braunkohlenbecken, das die zur chemischen Verwerthung am besten geeignete Braunkohle liefert.

Der Proceß der trockenen Destillation der Braunkohle, das „Schweelen" derselben, wird in liegenden oder stehenden Retorten ausgeführt. Die liegenden Retorten aa sind bei einem Durchmesser von rund 80 cm ungefähr 270 cm lang Vorne werden sie durch den Deckel b verschlossen, von der Rückseite führt ein sich allmählich verengendes, knieförmiges Rohr c in ein für eine größere Retortenzahl gemeinschaftliches Sammelrohr d. 12 bis 20 solcher Retorten liegen in einem gemeinsamen Ofen und werden von der Feuerung aus geheizt. Die Destillationsproducte werden durch ein System gewundener Röhren, ähnlich jenen, die zur

Digitized by Google

Abscheidung des Theeres aus dem Leuchtgase dienen, geleitet, die Luftkühlung genügt, um den Theer zur Abscheidung zu bringen. Die nicht verdichtbaren Gase, deren Menge ungefähr ebenso groß ist wie die des Theeres, entweichen, da eine Verwendung derselben als Leuchtgas praktisch auf Schwierigkeiten stieß.




Stehende Retorte zum Schweelen der Braunkohle.

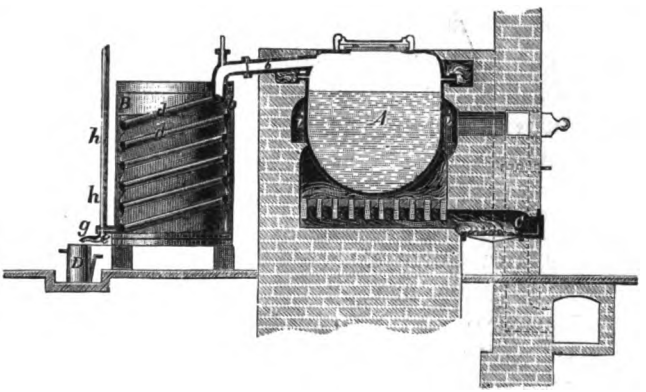
An Stelle dieser liegenden Retorten benützt man in neuerer Zeit aber fast allgemein stehende, die sich weit besser bewähren. Sie bestehen aus einem eisernen Cylinder AA und tragen im Inneren ein System vertical übereinander liegender Ringe aa mit glockenförmiger, nach außen schräge abfallender Wandung. Diese Glocken bilden so einen zweiten cylindrischen Raum, der durch die zwischen ihnen befindlichen Lücken mit der zwischen Glocken- und Cylinderwandung befindlichen Luftschicht bb, der sogenannten Schweelschicht in Verbindung steht.

Nach unten verläuft der Cylinder in den Conus BB, dieser steht durch die Oeffnung c mit einem cylindrischen Kasten D in Verbindung, der durch einen Schieber nach oben abgeschlossen und durch einen zweiten Schieber nach unten entleert werden kann. Der innere cylindrische Raum wird mit einem glockenförmigen Hute bedeckt und auf diesen wird die Kohle aufgegeben, sie gleitet dann zwischen dem Cylinder und der Glockenwandung herab. Die Wände des Cylinders,

Digitized by Google

die der größeren Haltbarkeit wegen außen mit einem Chamottemantel umkleidet sind, werden durch die um sie herumgeführten Feuerzüge ee von der Feuerung E aus zur Rothglut erhitzt. Die Kohle schweelt ab und die Producte der trockenen Destillation treten in den Raum innerhalb der Glocken. Von hier werden sie durch die beiden Abzugsrohre F und G in das Sammelrohr H und in die Condensationsvorrichtung geführt, ein vor dieser eingeschalteter Exhaustor beschleunigt die Entfernung der Gase. Der abgeschweelte Coaks sammelt sich in dem unteren Conus BB und wird von Zeit zu Zeit entfernt. Der Betrieb dieser Vorrichtung geschieht ohne Unterbrechung, ein solcher Cylinder von 4·5 m Höhe und 1·7 m Durchmesser schweelt innerhalb 24 Stunden die bedeutende Menge von rund 20 t Kohle ab.

Der Braunkohlentheer ist eine gelblich-braune, bei gewöhnlicher Temperatur feste, butterartige, schmierige Masse, die, je nach ihrer Zusammensetzung bei 25 bis 40° zu einer braunen Flüssigkeit mit dunkelgrüner Fluorescenz schmilzt. Er ist ein Gemenge verschiedener Kohlenwasserstoffe, ferner enthält er Pflanzenharze, Kreosot und Carbolsäure; auch schwefel- und stickstoffhaltige Verbindungen kommen in den meisten Theeren vor.



Destillirapparat zur Verarbeitung des Braunkohlentheeres.

Zur Gewinnung des Paraffins aus dem Braunkohlentheere wird er einer Destillation unterworfen und dadurch in zwei Antheile, einen festen, erstarrenden und einen flüssigen zerlegt. Der bei gewöhnlicher Temperatur feste Antheil wird auf Paraffin verarbeitet, der flüssige dient zur Darstellung verschiedener Producte, wie Kreosot, Benzin, Solaröl und verschiedenen Paraffinölen, die als Schmiermittel verwendet werden.

Die Destillirapparate, die zur Gewinnung des Paraffins aus dem Braunkohlentheere dienen, sind gußeiserne, 1750 bis 2500 kg fassende Blasen A, deren Deckel an einer Seite das Ausgangsrohr oder den „Rüssel" b trägt und mit einem Mannloche zum Füllen der Blase versehen ist. Um die vorzeitige Verdichtung der Destillationsproducte zu verhindern, ist der Deckel flach und mit einem schlechten Wärmeleiter, wie Erde oder Mauerwerk bedeckt. Die übergehenden Dämpfe gelangen in das schlangenförmig gewundene Bleirohr dd, das in dem Kühlfasse B liegt und durch Wasser gekühlt wird. Die Vorrichtung ghe dient dazu, den nicht condensirbaren Gasen den Ausweg ins Freie zu gestatten.

Digitized by Google

Dem zu destillirenden Theere wird $^1/_4$ bis $^1/_2$% gebrannter Kalk zugesetzt, um den im Theere enthaltenen Schwefel zu binden und die harzartigen Verunreinigungen zu zersetzen. Ein nach dem Principe der Florentinerflasche verfertigtes Gefäß D nimmt das Destillat auf. Hier trennt sich der wässerige Antheil von dem öligen, die Rohparaffinmasse unterliegt dann der weiteren Verarbeitung.

Zur Reinigung des Rohparaffins geht man ähnlich vor wie bei der Trennung des Stearins von der Oelsäure. Man läßt das Rohparaffin erstarren und preßt es dann in Warmpressen ab, wobei die bei gewöhnlicher Temperatur flüssigen Antheile, die Paraffinöle, abfließen. Die hinterbleibende, harte, krystallinische Masse wird geschmolzen, mit Lauge und Schwefelsäure raffinirt — in ähnlicher Weise also wie die Reinigung des Rohpetroleums vorgenommen wird. Dann unterwirft man es abermals der Destillation, preßt die flüssigen Antheile ab und entfärbt schließlich mit frischer, gepulverter Knochenkohle oder mit dem Rückstande der Blutlaugensalzfabrikation, mit der sogenannten „Schwärze". Zu diesem Zwecke wird das geschmolzene Paraffin innig mit der Schwärze verrührt und dann in Filterpressen von dem Entfärbungsmittel getrennt, worauf man es erstarren läßt. Die Rückstände von der Entfärbung, die noch Paraffin enthalten, werden in großen Extractionsapparaten mit Benzin behandelt, um auch die letzten Antheile Paraffin zu gewinnen.

Das harte Paraffin, das eine feste, krystallinische und rein weiße Masse bildet, dient ausschließlich zur Herstellung der Paraffinkerzen. Die weicheren Paraffinsorten finden ebenfalls ausgedehnte Verwendung, und zwar als Zusatzmittel zu Wachs und Stearin, zur Herstellung der als Emballage dienenden Paraffinpapiere, zum Imprägniren der schwedischen Zündhölzer und noch zu vielen anderen Zwecken.

Auch das Erdwachs oder Ozokerit ist ein Kohlenwasserstoff. In großen Mengen wird es in Galizien gewonnen, sonst kommt es aber nur vereinzelt an anderen Punkten der Erde vor. Es bildet eine weiche, plastische Masse von hellgelber bis schwarzer Farbe, nach der bergmännischen Gewinnung, die in sehr primitiver Weise ausgeführt wird, schmilzt man es mit Wasser und trennt es dadurch von den beigemengten Steinen und erdigen Antheilen. Das dadurch gereinigte Erdwachs wird dann in schwach conischen Formen erstarren gelassen, und in dieser Form in den Handel gebracht.

Um daraus Ceresin oder „Kunstwachs" darzustellen, muß es einer weiteren Reinigung unterzogen werden. Es wird geschmolzen und mit Schwefelsäure raffinirt, in hydraulischen Pressen wird es von den Verunreinigungen getrennt und mit Schwärze entfärbt. Die in den Preßrückständen enthaltene werthvolle Substanz wird durch Extraction mit Benzin gewonnen. Wir sehen also, daß der Vorgang der Reinigung im Großen und Ganzen der gleiche ist, der zur Raffination des Paraffins angewendet wird, wir können uns daher auch auf das Mitgetheilte beschränken.

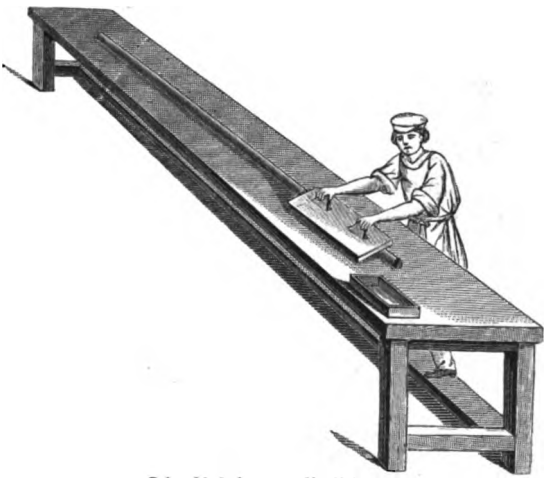
Das Wachs gehört auch zu den Fetten, unterscheidet sich aber von diesen durch sein chemisches Verhalten. Bei der Verseifung liefert es nämlich kein

Digitized by Google

Glycerin, auch besteht es aus zwei verschiedenen Verbindungen, Cerotin und Melissin, die Cerotinsäure ist in Alkohol löslich, das Melissin dagegen nur in sehr geringer Menge.

Vor der Verwendung muß das Wachs umgeschmolzen, filtrirt und für gewisse Zwecke gebleicht werden. Das Bleichen des Wachses geschieht am besten und einfachsten, allerdings nicht am schnellsten durch die Einwirkung des Sonnenlichtes, indem man es auf Rahmen ins Freie bringt, dort häufig mit Wasser begießt und so lange beläßt, bis es vollständig weiß wird. Viel rascher kommt man jedoch zum Ziele, wenn man zu chemischen Mitteln, wie Chlorkalk oder Wasserstoffsuperoxyd greift, doch müssen diese Bleichmittel durch darauffolgendes Waschen sehr gründlich aus dem Wachse entfernt werden, da es sonst bald spröde und brüchig wird.

Das Wachs dient, außer zu verschiedenen anderen technischen Zwecken zur Erzeugung der Wachskerzen, doch wird es heute vielfach durch das weit billigere Ceresin ersetzt. Da aber die Herstellung der Wachs- und Ceresinkerzen im Wesentlichen in der gleichen Weise geschieht, so wollen wir diese Industrie, besonders die Herstellung der dünnen Wachsstöcke an dieser Stelle kurz besprechen.



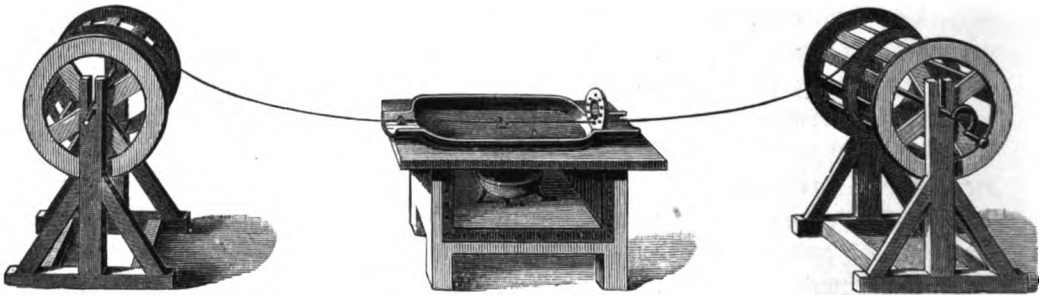
Die Arbeit am Rolltische.

Größere Wachskerzen werden durch Ausrollen angefertigt. Man benützt zu diesem Zwecke einen langen, sehr sorgfältig geglätteten Tisch, auf dem das vorher erweichte Wachs zu einer gleichartigen Masse verarbeitet wird. Dann formt der Arbeiter aus dem Wachse eine Rinne, legt in diese den ziemlich straff gespannten Docht und umhüllt ihn vollständig mit dem Wachse. Durch Behandlung mit dem Rollbrette wird der Kerze dann die gleichmäßige und cylindrische Form ertheilt.

Das Ziehen der Wachsstöcke wird mit Hilfe einer besonderen Vorrichtung ausgeführt, die uns die Abbildung Seite 784 veranschaulicht. Sie besteht aus zwei Trommeln, die sich auf einem Gestelle um eine Achse bewegen und durch eine Kurbel gedreht werden können. Zwischen den beiden Trommeln befindet sich der Werkstuhl, auf diesem steht eine Wanne mit einer Vertiefung, in der sich geschmolzenes Wachs befindet. In der Mitte dieser Vertiefung liegt eine Oese, durch die der Docht läuft. Er umkleidet sich in der Wanne mit Wachs und passirt dann das kleinste Loch eines Zieheisens, das Wachs erstarrt und dann wird der mit Wachs oder Ceresin umkleidete Docht auf der zweiten Trommel

Digitized by Google

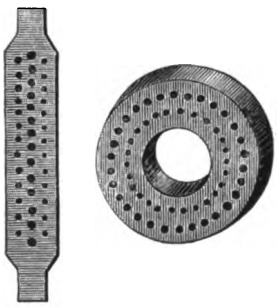
aufgewunden. Man bringt dann das Zieheiſen auf der anderen Seite der Wanne an und läßt nun die dünne Wachskerze nach der anderen Richtung laufen, wobei



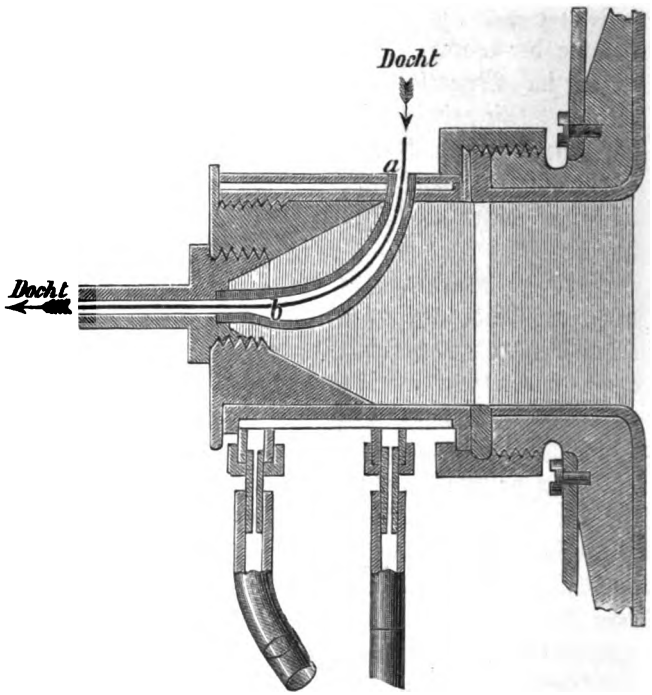
Vorrichtung zum Ziehen der Wachskerzen.

ſie eine größere Oeffnung des Zieheiſens paſſirt. Dies wird ſo lange fortgeſetzt, bis der Wachsſtock die gewünſchte Stärke erhalten hat.

An Stelle dieſer alten Vorrichtung benützt man häufig auch einen weſentlich zweckmäßigeren Apparat, der die Herſtellung des Wachsdrahtes in einer Operation ermöglicht. Die Umkleidung des Dochtes mit Wachs oder Ceresin geſchieht aber hier nicht durch Ziehen in der geſchmolzenen Maſſe, ſondern durch Preſſen. Die obenſtehende Abbildung veranſchaulicht dieſe Vorrichtung. Durch das Rohr a wird der Docht in ſolcher Weiſe



Zieheiſen.

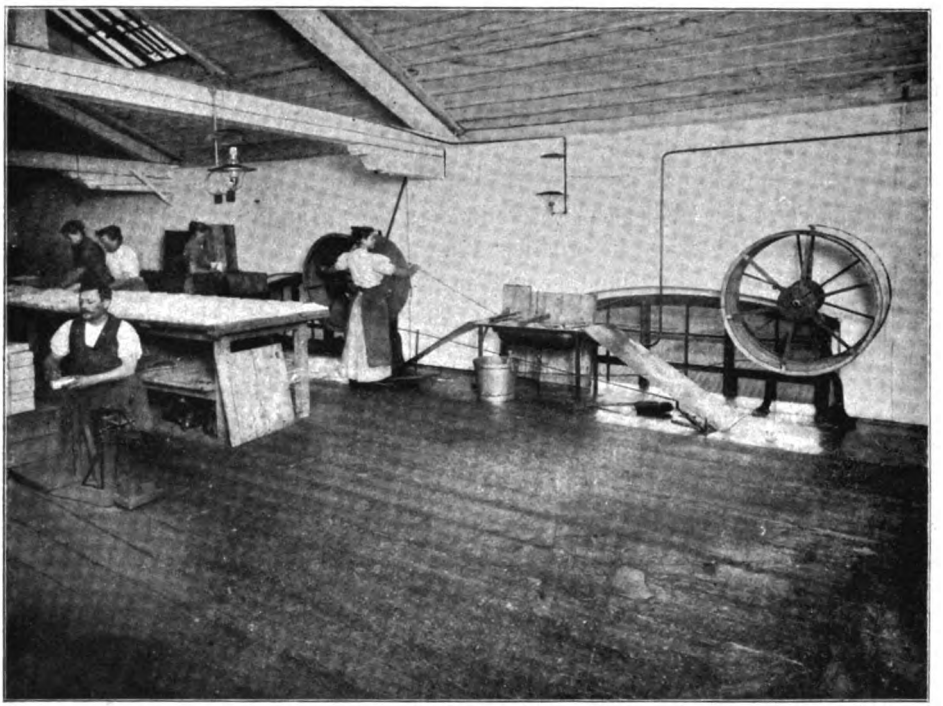



Maſchine zur Erzeugung des Wachsdrahtes.

Digitized by Google

eingeführt, daß er an der Mündung desselben von der weichen und knetbaren, aber nicht flüssigen Wachsmasse erfaßt und concentrisch umschlossen wird. Er verläßt dann die schwach conisch geformte Mundspitze b als fertig gebildete Kerze von beliebiger Länge, die in Wasser gekühlt und auf einer Rolle aufgewickelt wird. — —

Wir haben nun noch die Gewinnung des Glycerins zu besprechen, das, wie wir wissen, bei der Verseifung der Fette entsteht. Die Unterlaugen der Seifenfabrikation sind zu verdünnt, um sie mit Erfolg zur Darstellung dieses wichtigen



Wachszieherei.
(Aus dem Etablissement von F. A. Sarg's Sohn & Co. in Liesing bei Wien.)

Körpers verwenden zu können. Anders ist es dagegen mit den Glycerinwässern, die bei der Verseifung in den Autoclaven erhalten werden.

Je nach der Methode der Verseifung — Kalk-, Schwefelsäureverseifung u. s. f. — enthält das Glycerinwasser Kalk, beziehungsweise Schwefelsäure, die zunächst entfernt werden müssen. Dann wird das Glycerinwasser in offenen Pfannen oder im Vacuum eingedampft, wobei man ein hellgelbes bis dunkelbraunes Product erhält, das noch weiter gereinigt werden muß.

Um das Rohglycerin vollständig zu entfärben, wird es wiederholt mit Knochenkohle behandelt und dann im Wasserdampfstrome destillirt. Zunächst



Digitized by Google

scheidet man durch Destillation mit Dampf, dessen Temperatur 100 bis 110° beträgt, die sauren Producte ab, und steigert dann die Temperatur nach und nach bis auf 170°. Höher darf aber die Temperatur nicht steigen, da schon bei 200° Zersetzung eintritt.

Im reinen Zustande ist das Glycerin eine dickflüssige, farblose Masse, die süß schmeckt, und daher auch von ihrem Entdecker Scheele „Oelsüß" genannt wurde. Wird es andauernder Kälte ausgesetzt, so erstarrt es zu Krystallen. Diese Wahrnehmung machte zuerst Carl Sarg in Liesing im Jahre 1873, er gründete darauf ein neues Verfahren zur Reinigung des Glycerins, da bei der Krystallisation alle Verunreinigungen in der Mutterlauge gelöst bleiben.

Glycerin findet zu den verschiedensten Zwecken Anwendung. Man benützt es zur Fabrikation von Toiletteartikeln, von Glycerinseifen, in der Färberei, zur Appretur, zur Füllung von Gasmessern und zu vielen anderen Zwecken. Die ausgedehnteste Anwendung findet es aber zur Herstellung des Nitroglycerins, dieses furchtbaren Sprengstoffes, dessen Bereitung wir schon kennen gelernt haben.

So sehen wir, daß bei der rationellen Verarbeitung der Fette und Oele die mannigfaltigsten Producte erhalten werden. Einerseits die Seife, andererseits die Kerze, zwei ungemein nützliche und heute geradezu unentbehrliche Erzeugnisse der chemischen Industrie. Als drittes, werthvolles Erzeugnis gesellt sich dazu das Glycerin, das in Form von Nitroglycerin, Dynamit und Sprenggelatine dem Menschen ebenfalls unschätzbare Dienste leistet.

Alle diese Industrien theils angebahnt, theils auf eine höhere Stufe der Vollkommenheit gebracht zu haben, ist aber das Verdienst des französischen Chemikers Chevreul, der im Jahre 1889 zu Paris, fast 103 Jahre alt, nach einem der Wissenschaft gewidmeten Leben für immer die Augen schloß. — — —

---

## Die ätherischen Oele.

In der Einleitung zu diesem Abschnitte haben wir schon darauf hingewiesen, daß wir zwei Gruppen von Oelen zu unterscheiden haben, und zwar flüchtige und nicht flüchtige. Die letztgenannten verursachen, auf Papier gebracht, einen bleibenden Fettfleck, während die flüchtigen Oele zwar zunächst ebenfalls einen „Fettfleck" hervorbringen, der aber nach einiger Zeit, besonders rasch bei mäßigem Erwärmen wieder verschwindet. Diese Gruppe von Körpern nennt man auch „ätherische Oele", und mit ihnen wollen wir uns in diesem Capitel beschäftigen.

Die Fette haben wir als Verbindungen des Glycerins mit Fettsäuren kennen gelernt, auch die bei gewöhnlicher Temperatur flüssigen Fette, die Oele, besitzen die gleiche Zusammensetzung: sie liefern bei der Verseifung Glycerin. Jene Körpergruppe aber, die man als „ätherische Oele" zu bezeichnen pflegt, hat eigentlich nur den Namen mit den Glycerinestern gemein, und die Eigenschaft, auf Papier einen Fettfleck hervorzurufen. In chemischer Hinsicht haben wir es hier mit einer Reihe untereinander ganz verschieden zusammengesetzter Körper zu thun, die nur

Digitized by Google

durch gewisse rein äußerliche Kennzeichen, wie den Geruch, und durch die Eigenschaft, mit Wasserdämpfen leicht flüchtig zu sein, eine Gruppe bilden.

Denn während die richtigen Fette und Oele aus den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen, kennen wir Körper, die ebenfalls als „ätherische Oele" bezeichnet werden, die nur Kohlenstoff und Wasserstoff enthalten. Es sind richtige Kohlenwasserstoffe; hierher gehören beispielsweise die Terpene, und der Repräsentant dieser Gruppe ist das Terpentinöl, dessen Gewinnung wir schon bei Besprechung der Verwerthung des Holzes auf chemischem Wege kennen lernten.

Andere ätherische Oele wieder enthalten neben Kohlenwasserstoffen auch sauerstoffhaltige Verbindungen, wie der Kampher, einzelne sind schwefelhaltig (Senföl, Knoblauchöl). Der Luft ausgesetzt, nehmen die ätherischen Oele Sauerstoff auf und gehen dabei in harzartige, nicht flüchtige Producte über, sie „verharzen". Bei dieser Umwandlung geht aber nicht nur der charakteristische Geruch dieser Körper verloren, sondern sie verwandeln auch den Sauerstoff in Ozon, und diesem Umstande ist es zu verdanken, daß die Luft in Nadelwaldungen besonders ozonreich ist. Das Ozon besitzt aber, wie wir wissen, hervorragende bleichende Eigenschaften, und wir können seine Gegenwart und Entstehung schon daran erkennen, daß Korkstöpsel, die zum Verschlusse mit ätherischen Oelen gefüllter Flaschen verwendet werden, sehr rasch an dem im Flaschenhalse sitzenden Theile weiß gebleicht werden.

Alle ätherischen Oele besitzen einen durchdringenden, in vielen Fällen angenehmen Geruch, der aber nur in großer Verdünnung hervortritt, im concentrirten Zustande riechen sie unangenehm und betäubend. Der angenehme, erfrischende Geruch ist aber die Ursache, weshalb viele ätherische Oele den Gegenstand fabriksmäßiger Gewinnung bilden.

In den Gewerben werden die ätherischen Oele zu vielen Zwecken verwendet, ja einzelne Industrien beruhen geradezu auf der Anwendung dieser Körper, wie die Liqueurfabrikation, die Fabrikation der Parfumerien und der Toiletteseifen. Aber auch für andere Industrien sind sie unentbehrlich, der Firniß- und Lackfabrikant, der Anstreicher kann ihrer nicht entrathen, in allen Industrien, in denen es sich um Auflösung von Harzen handelt, spielen die ätherischen Oele eine gewisse Rolle, einzelne von ihnen finden auch in der Arzneikunde Verwendung.

Die ätherischen Oele sind aber auch jene Körper, denen wir manchen angenehmen Augenblick verdanken, denn sie sind in der Regel die Ursache des angenehmen Geruches zahlreicher Pflanzen. Besonders einzelne Familien des Pflanzenreiches enthalten bedeutende Mengen dieser Stoffe, wie die Umbelliferen, Labiaten, Cruciferen, Lauracceren, Coniferen und viele andere. Besonders reich an ätherischem Oele sind gewöhnlich die Blüthen, doch auch die Samen und Fruchtschalen enthalten ätherische Oele.

Ueber die Entstehung der ätherischen Oele im Pflanzenreiche ist nichts oder doch nur sehr wenig bekannt, doch kann es immerhin als ein Fingerzeig angesehen werden, daß man in manchen Pflanzen Stoffe fand, die bei der Behandlung mit



Digitized by Google

verdünnten Säuren in ein Kohlehydrat und ein flüchtiges Oel gespalten werden. Solche Spaltungen können möglicherweise auch in der Pflanze vor sich gehen, wir wissen ja, daß jede Pflanze eigentlich ein großes Laboratorium bildet, in dem Processe abgewickelt werden, die wir mit unseren chemischen Hilfsmitteln noch nicht nachzuahmen im Stande sind. Doch sei gleich an dieser Stelle bemerkt, daß es doch auch schon gelungen ist, manche ätherische Oele auf künstlichem Wege darzustellen, wie echtes Bittermandelöl (zum Unterschiede von dem gewöhnlich zu minder feinen Parfumeriewaaren benützten Mirbanöl oder Nitrobenzol), Senföl, Wintergrün-(Gaultheria-)Oel u. s. f.

Einige ätherische Oele — und dies ist wieder bezeichnend für ihre Entstehung — finden sich in den Pflanzen aber nicht fertig gebildet vor, sondern sie entstehen erst bei der Zerstörung des Pflanzengewebes. Dann können nämlich Stoffe, die bis dahin getrennt waren, aufeinander einwirken, wobei sie sich unter Bildung ätherischer Oele umsetzen. Ein Beispiel dieser Art haben wir schon an einer früheren Stelle kennen gelernt, es ist dies das Bittermandelöl. In den bitteren Mandeln ist es nicht enthalten, sie sind daher auch geruchlos. Dagegen enthalten sie einen Körper, das Amygdalin und ein chemisches Ferment, das Emulsin. Zerreibt man bittere Mandeln mit Wasser, so wirken beide Körper aufeinander ein und es bildet sich Bittermandelöl neben Zucker und Blausäure. Auch der Senfsame enthält kein Senföl, sondern es entsteht erst, wenn er mit Wasser zerrieben wird. Einzelne Körper, die unzweifelhaft zu den ätherischen Oelen zu zählen sind, entstehen sogar erst bei der Gährung frischer oder schon abgestorbener Pflanzensubstanz. So ist der eigenthümliche Geruch, den wir im Walde zur Herbstzeit nach dem Laubfalle wahrnehmen, mit Bestimmtheit auf die Bildung eines oder mehrerer ätherischer Oele in dem sich zersetzenden Laube zurückzuführen.

Die Kenntnis der ätherischen Oele dürfte schon sehr alt sein, denn manche dieser Körper kommen in ziemlich reinem Zustande in der Natur vor und besitzen so auffällige Eigenschaften, daß sie schon frühe die Aufmerksamkeit der Menschen auf sich ziehen mußten. Wir kennen beispielsweise keine Literatur, die nicht der duftenden Blumen gedächte und kein Culturvolk, das die wohlriechenden Pflanzen und Blüthen nicht lieben würde und dies in letzter Linie wegen ihres Gehaltes an ätherischen Oelen, denn diese sind die Ursache der Blumendüfte. Selbst die Zeit, in der man begann, ätherische Oele darzustellen, dürfte sehr ferne liegen und aller Wahrscheinlichkeit nach mit der Erfindung der Destillation zusammenfallen. Schon die arabischen Alchemisten, die im 8. Jahrhunderte unserer Zeitrechnung wirkten, kannten dieses wichtige Hilfsmittel der chemischen Technik, und der Gedanke, wohlriechende Körper mit Wasser der Destillation zu unterwerfen, ist naheliegend.

Früher noch als den westlichen Völkern war den Culturnationen des Ostens die Kunst, ätherische Oele darzustellen, bekannt. Wir erinnern nur daran, daß beispielsweise die Chinesen seit undenklichen Zeiten den Kampher kennen, einzelne Stellen der Bibel weisen auf die Verwendung mancher Riechstoffe zu bestimmten Zwecken hin und im Thale des Euphrat wurde seit undenklichen Zeiten

Digitized by Google

die Rosencultur besonders gepflegt, einzig allein zu dem Zwecke, um aus der Königin der Blumen Rosenöl und duftendes Rosenwasser zu bereiten. Selbst im Mittelalter, einer Zeit, die doch wissenschaftlichen Forschungen keineswegs hold und günstig war, befaßte man sich mit der Gewinnung einer großen Zahl ätherischer Oele, die zu den verschiedensten Zwecken benützt wurden.

In neuerer und neuester Zeit sind wir aber nicht nur in der Technik der Darstellung und Gewinnung der ätherischen Oele ganz gewaltig fortgeschritten, sondern wir haben auch zahlreiche neue, zu dieser Körpergruppe gehörende Stoffe kennen gelernt. Dies verdanken wir in erster Linie der Erschließung der tropischen und überseeischen Länder, und heute noch bringt uns fast jedes Jahr neue Riechstoffe und neue Wohlgerüche. Und mit großer Sicherheit können wir annehmen, daß es in den selbst heute noch wenig erforschten tropischen Ländern noch manche Pflanze geben mag, die sich durch großen Reichthum an ätherischem Oele auszeichnet, deren Namen wir aber nicht kennen und die überhaupt noch kein europäischer Botaniker gesehen hat.

Von einer fabriksmäßigen Gewinnung der ätherischen Oele, von einer Industrie, die sich mit ihrer Darstellung und Reinigung befaßt, kann aber erst seit wenigen Jahrzehnten die Rede sein. Auch die verhältnismäßig wenigen Kenntnisse, die wir über die Natur der ätherischen Oele besitzen, entstammen erst der neuesten Zeit. Die Erforschung dieser Körpergruppe wurde aber dadurch gefördert, daß die Interessen der jungen Industrie hier mit den Bestrebungen der reinen Wissenschaft zusammenfielen und die Zwecke der einen jenen der anderen fördernd zur Seite traten.

Gerade nämlich der Umstand, daß gewisse ätherische Oele zu den kostbarsten Luxusgegenständen gehören, gab die Veranlassung, daß man auf Mittel und Wege sann, diese Oele rein darzustellen, um an dem reinen Producte seine Eigenschaften zu studiren. Wäre nicht dieser günstige Umstand gewesen, so wären wir gewiß noch über die Eigenschaften vieler ätherischer Oele im Unklaren. Denn nur wenigen Chemikern dürften die Mittel zu Gebote stehen, sich das erforderliche Rohmaterial in genügender Menge zu verschaffen, um daraus die zu ihren Untersuchungen nöthigen ätherischen Oele darzustellen. Außerdem sind die Herstellungskosten mancher ätherischer Oele so bedeutend, daß der Werth des reinen Oeles den einer gleichen Gewichtsmenge Gold mitunter übertrifft.

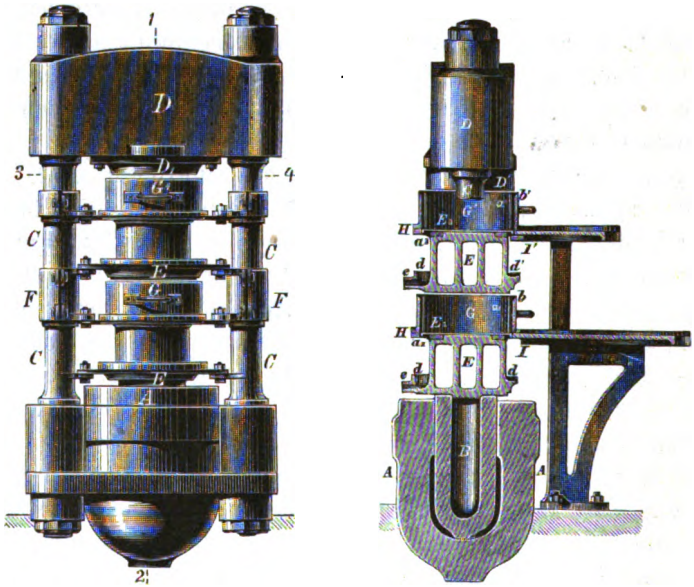
Die Verfahren, die man zur Gewinnung der ätherischen Oele einschlägt, weichen sehr voneinander ab, je nach der Beschaffenheit des Pflanzentheiles, der das Oel enthält, und je nach der Menge, in der es vorhanden ist. Denn es ist begreiflich, daß man ein anderes Verfahren einschlagen muß, um das duftende Princip aus einer Blüthe abzusondern, um das ätherische Oel aus einer Holzart herzustellen oder es aus einer fleischigen Frucht zu gewinnen.

Der einfachste Vorgang, um ätherische Oele zu gewinnen, besteht darin, die betreffenden Pflanzentheile auszupressen. Doch setzt dies voraus, daß sie

Digitized by Google

genügende Weichheit und eine reichliche Menge des zu gewinnenden Stoffes enthalten, wie etwa die Schalen des Orange und Citrone oder zerquetschte Muskatnüsse. Zur Ausführung der Pressung bedient man sich in großen Fabriken fast allgemein der sogenannten Topfpressen. Die auszupressenden Materialien werden in niedere Eisentöpfe gefüllt und diese zu einer Säule zusammengestellt. Unsere Abbildungen veranschaulichen die Einrichtung eines solchen Geräthes.

Die hydraulische Presse mit dem Cylinder A und dem Kolben B trägt zwei verticale Säulen, die oben durch das Querstück D verbunden sind. An den Säulen lassen sich die mit Ringen versehenen Tröge E verschieben. Diese Tröge sind unten



Topfpresse.

Ansicht. Durchschnitt.

von einer Rinne d umgeben, in der sich das ablaufende Oel ansammelt. Die zu pressenden Materialien werden in die Töpfe G gebracht, diese sind doppelwandig und an der inneren Wand mit Löchern versehen.

Sobald der Preßkolben gehoben wird, drücken sich die Tröge E in die Töpfe G und das Oel fließt durch die in ihnen angebrachten Oeffnungen in die Rinnen d ab. Ist das Auspressen beendet, so zieht man die Töpfe auf die Tische l und ersetzt sie durch andere, die schon gefüllt bereit stehen.

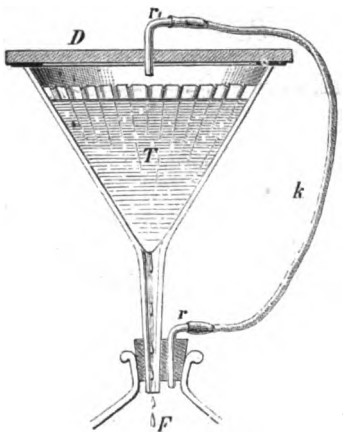
Durch das Pressen allein erhält man aber durchaus kein reines ätherisches Oel, sondern eine trübe, milchige Flüssigkeit, die aus ätherischen und aus wässerigen Stoffen besteht, die gleichzeitig aus den Pflanzentheilen ausgepreßt wurden. Beide Bestandtheile besitzen aber ein verschiedenes specifisches Gewicht, sie trennen

Digitized by Google

sich daher, der Ruhe überlassen, nach einiger Zeit freiwillig und es entstehen zwei Schichten, deren obere ziemlich reines ätherisches Oel ist.

Diese freiwillige Tennung läßt man in schmalen, aber hohen Flaschen vor sich gehen, die nahe am Boden einen durch einen Hahn verschlossenen Auslauf tragen. Durch diesen läßt man nach erfolgter Sonderung die wässerige Flüssigkeit ablaufen und wäscht das Oel noch öfters mit Wasser, ehe man mehrere Partien desselben vereinigt.

Um das Oel vollständig zu reinigen, muß es noch filtrirt oder destillirt werden. In beiden Fällen sind aber besondere Vorsichtsmaßregeln nöthig, um die Beschaffenheit des ätherischen Oeles nicht ungünstig zu verändern. Selbst die sonst sehr einfache Operation des Filtrirens muß unter Benützung besonderer Vorrichtungen geschehen, da, wie wir wissen, der Luftsauerstoff höchst ungünstig und verändernd auf die ätherischen Oele einwirkt.



Vorrichtung zur Filtration der ätherischen Oele.

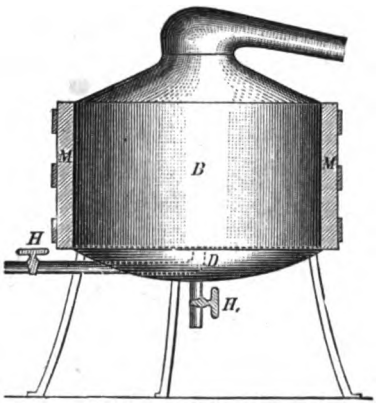
Zur Ausführung der Filtration bedient man sich daher eines sehr zweckmäßigen Apparates, den uns die nebenstehende Abbildung veranschaulicht. Er besteht aus einem großen Glastrichter T, in dem ein fächerförmig gefaltetes Filter aus Filtrirpapier steckt. Dieser Trichter ist mittelst eines Korkes luftdicht in dem Halse einer Flasche befestigt, die zur Aufnahme des filtrirten Oeles bestimmt ist. Der Kork besitzt aber noch eine zweite Bohrung, in ihr steckt ein rechtwinkelig gebogenes Glasröhrchen r. Durch einen Kautschukschlauch k ist es mit einem zweiten Röhrchen r, verbunden, das in einen, auf dem Trichter liegenden Deckel D eingepaßt ist. Dieser aus einer schweren Holzplatte verfertigte Deckel wird an jenen Stellen, mit denen er auf dem Trichter aufliegt, des besseren Anschließens wegen mit Kautschuk belegt.

Nur wenige ätherische Oele können durch Pressen gewonnen werden. Weitaus die größere Menge wird durch Destillation abgeschieden und dieser Gewinnungsart kommt die Eigenschaft der ätherischen Oele zu Hilfe, sich mit Wasserdämpfen zu verflüchtigen.

Die Einrichtung verschiedener Destillirapparate haben wir schon kennen gelernt, wir können uns daher bei Besprechung jener Apparate, die zur Gewinnung der ätherischen Oele dienen, sehr kurz fassen. Es sei nur bemerkt, daß man, im Gegensatze zu anderen Industrien, beispielsweise zur Spiritusfabrikation, sich hier immer nur sehr einfacher Apparate bedient. Die Destillation selbst wird nach zwei Verfahren ausgeführt. Nach dem älteren bringt man in die Blase des Destillirapparates das zu reinigende Oel oder die Substanz, deren ätherisches Oel gewonnen werden soll, und Wasser, man erhitzt das Wasser zum Kochen und seine Dämpfe

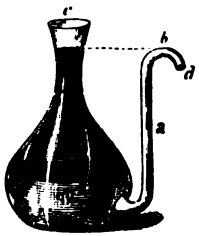
Digitized by Google

treten, mit dem ätherischen Oele beladen, in den Kühler über. Die neueren Apparate dagegen sind so construirt, daß in die Blase nur das Oel oder das Rohmaterial gebracht wird; man leitet dann Dampf ein, den man in einem Dampfkessel erzeugt, man umgeht also die directe Feuerung, die mit mancherlei Mißständen verknüpft ist. Die Einrichtung eines solchen Destillirapparates zeigt die nachstehende Abbildung. Die Destillirblase B, die mit einem Helme und Helmrohre versehen ist, ruht frei auf einem passenden Gestelle, und um die Wärmeausstrahlung zu vermindern, ist sie außen von einem Mantel M umgeben, der aus einem die Wärme schlecht leitenden Material verfertigt ist. Ueber dem nach unten gewölbten Boden der Blase liegt ein sogenannter „falscher" Boden, der siebartig durchlöchert ist und auf dem die zu destillirenden Materialien liegen. Das Rohr HD, das den Dampf aus dem Dampfkessel zuführt, mündet unmittelbar unter diesem Siebboden, das von der tiefsten Stelle der Blase abzweigende, nach abwärts gerichtete Rohr H gestattet das im Apparate nach beendigter Destillation vorhandene Wasser und die Rückstände abzulassen.



Apparat zur Destillation der ätherischen Oele mittelst Wasserdampf.

Aus dem Kühlrohre, das mit dem Destillirapparate in Verbindung steht, läuft ein Gemenge von ätherischem Oele und Wasser ab. Es handelt sich daher auch hier zunächst darum, beide Flüssigkeiten voneinander zu trennen. Dazu bedient man sich einer sehr einfachen, aber ungemein sinnreichen Vorrichtung, die darauf beruht, daß sich zwei nicht mischbare Flüssigkeiten, wie Wasser und Oel, nach ihrem specifischen Gewichte sondern. Man nennt diese Vorrichtung, die wir schon öfters erwähnt haben, die Florentinerflasche, wahrscheinlich deshalb, weil sie zuerst von florentinischen Destillateuren angewendet wurde.



Florentinerflasche.

In seiner einfachsten Form besteht dieses wichtige und nützliche Geräth aus einer Glasflasche, die nahe am Boden mit einem Rohre a versehen ist, das vertical fast bis zur Mündung c der Flasche emporsteigt und sich dort umbiegt, wie aus unserer Abbildung ersichtlich ist.

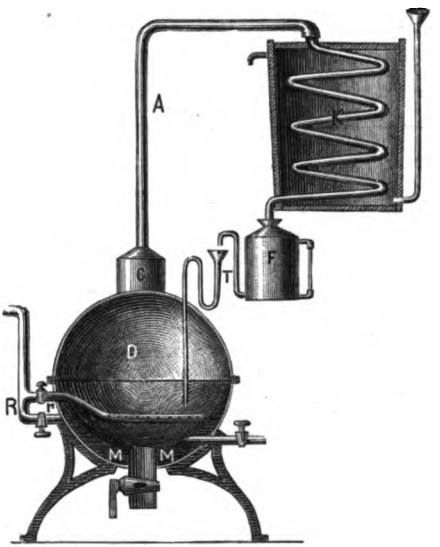
Tropft nun in diese Flasche aus dem Kühlrohre ein Gemisch von Oel und Wasser, so scheidet sich das Wasser W, als specifisch schwerer, unter der oben schwimmenden Oelschicht aus und steigt gleichzeitig in dem Seitenrohre immer höher. Sobald die Oelschicht entsprechend hoch geworden und das Wasser bis b gestiegen ist, beginnt es durch den Druck des nachfließenden Oeles bei d abzufließen, so daß allmählich die ganze Flasche mit ätherischem Oele gefüllt wird.

Digitized by Google

Man benützt auch Florentinerflaschen, die dadurch verbessert sind, daß sie im oberen Theile ein heberförmig gekrümmtes Rohr tragen. Dieses Rohr taucht in die Oelschicht ein und ist so bemessen, daß es zur continuirlichen Ableitung des Oeles dient. Eine solche Florentinerflasche ist dann nichts anderes als eine Vorrichtung, in der continuirlich Oel und Wasser geschieden werden.

Die ätherischen Oele sind in Wasser, wenn auch nur wenig, so doch immerhin löslich. Man verliert also durch die Destillation mit Wasserdampf stets eine gewisse Menge Oel, die sich im Wasser auflöst. Diesen Verlust kann man dadurch umgehen, daß man bei der Destillation unter directem Wasserzusatz dieses Wasser aromatisirt und immer wieder verwendet. Ist das Wasser einmal mit ätherischem Oele gesättigt, so vermag es keine neuen Mengen zu lösen.

Man hat aber auch Destillirapparate construirt, bei denen der Verlust an ätherischem Oele, der durch seine Löslichkeit in Wasser bedingt ist, in äußerst sinnreicher Weise umgangen wird. Ein solcher von dem bekannten Fabrikanten ätherischer Oele, Schimmel, construirter Apparat wird durch die nebenstehende Abbildung veranschaulicht.



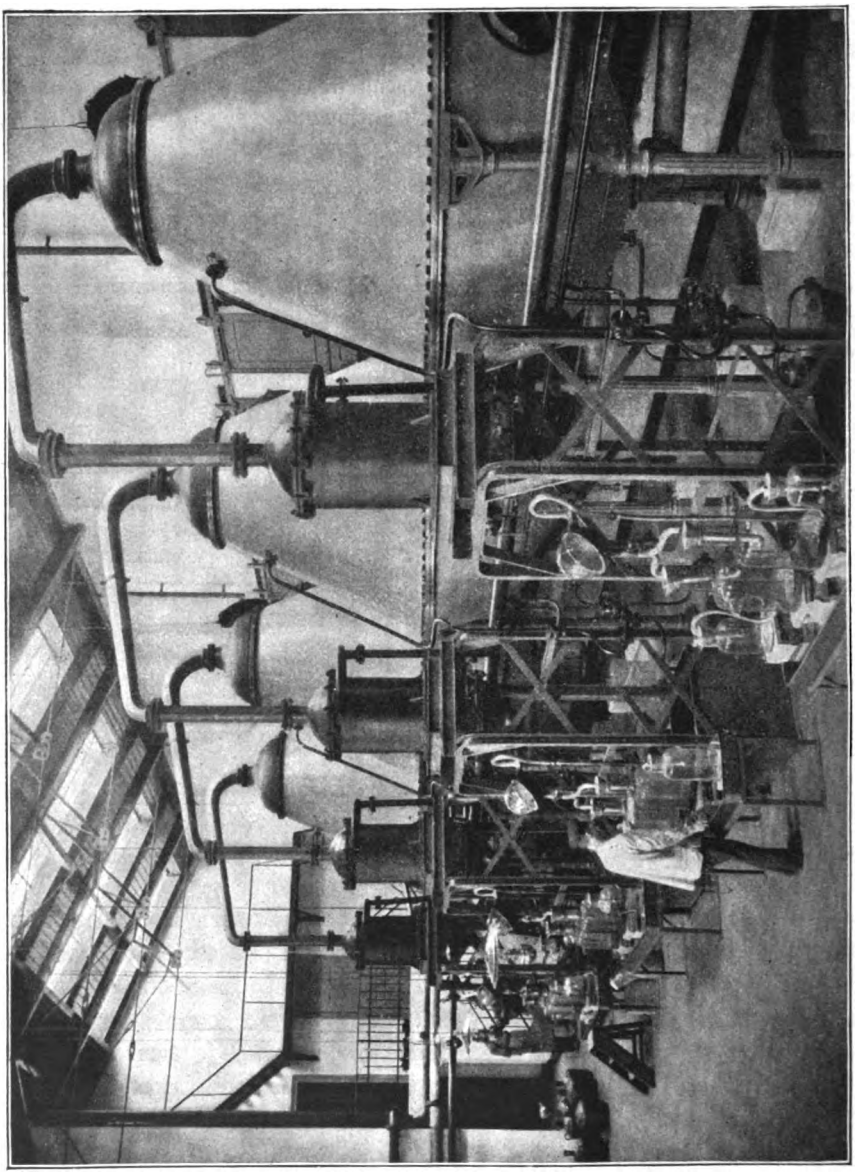

Apparat zur Destillation der ätherischen Oele, System Schimmel.

Das Destillirgefäß D besitzt nahezu die Form einer Kugel, sein unterer Theil ist von einem ebenfalls der Kugelform angepaßten Mantel M umgeben. Das Rohr R, das zur Zuleitung des Dampfes vom Dampfkessel dient, trägt ein Ansatzstück r. Dieses führt in das Innere der Blase und geht dort in eine Spirale über, die an ihrer Oberfläche mit Löchern versehen ist. Das Rohr R selbst steht mit dem Raume M in Verbindung. Diese Einrichtung ermöglicht es, den Apparat in verschiedener Weise zu heizen. Läßt man den Dampf nach Oeffnung des an r angebrachten Hahnes in die Spirale treten, so kann man direct mit Dampf destilliren. Wird dagegen dieser Hahn geschlossen und tritt der Dampf in den Raum zwischen Blase und Mantel, so dient der Dampf nur zur Heizung, endlich kann man auch beide Verfahren combiniren.

Auf der oberen Wölbung der Blase befindet sich ein cylindrischer Aufsatz C, der in das Rohr A übergeht und mit der Kühlschlange K verbunden ist. Die Flüssigkeiten, die sich in ihr verdichten, gelangen in die aus Blech verfertigte und mit einem Wasserstandsanzeiger versehene Florentinerflasche F. Sie steht mit dem sogenannten Welter'schen Trichter T in Verbindung, der aus der Blase hervorragt.

Digitized by Google

Dieser sinnreiche Apparat functionirt nun in folgender Weise: Aus der Blase erheben sich Dämpfe von Wasser und ätherischem Oele, die in der Kühl-



Destillirapparat zur Gewinnung von Rosenöl.
(Aus der Fabrik ätherischer Oele von Schimmel & Co. in Miltitz bei Leipzig.)

schlange verdichtet werden und in die Florentinerflasche gelangen. Das in ihr von dem Oele gesonderte Wasser gelangt durch den Welter'schen Trichter, durch den, da sein U-förmiger Schenkel stets mit Flüssigkeit gefüllt ist, keine Dämpfe ent-

Digitized by Google

weichen können, immer wieder in die Blase zurück. Man ist also im Stande, mit einer ganz geringen Wassermenge sehr bedeutende Mengen Oel abzudestilliren, und ist jeder Verlust an ätherischem Oele durch seine Löslichkeit in Wasser ausgeschlossen.

Ist endlich alles Oel aus dem Rohmaterial entfernt, so gewinnt man zum Schlusse auch noch die im Wasser gelöste Oelmenge. Zu diesem Zwecke erhitzt man so lange fort, bis das aus der Kühlschlange ablaufende Oel vollständig geruchlos ist.

Nach diesem Verfahren wird das geschätzteste und wohl auch theuerste aller ätherischen Oele, das Rosenöl gewonnen. Während aber in früherer Zeit Rosenöl an vielen Orten im kleinen und allerkleinsten Maßstabe dargestellt wurde, ist man auch auf diesem Gebiete in manchen Ländern zum Großbetriebe übergegangen.

Dies ist beispielsweise in Bulgarien der Fall, etwa 3000 ha des Landes sind der Rosencultur gewidmet, und zwar ausschließlich zu dem Zwecke, um aus den Blüthen Rosenöl zu gewinnen.

Die Rose wird begreiflicherweise auf diesen Ländereien aber auch nicht als Zierstrauch angepflanzt, sondern in solcher Weise, daß sie einen Massenertrag an Blüthen liefert. Man zieht sie in langen, ungefähr 5 m voneinander abstehenden Hecken, die zur Blüthezeit einen unvergleichlichen Anblick gewähren.

Am reichsten an Rosenöl ist die Damascenerrose, eine Sorte, die weder durch ihre Form, noch durch ihre Farbe besonders hervorragend ist. Man cultivirt auch nicht die gefüllte Form, bei der alle Staubgefäße in Blumenblätter umgewandelt sind, sondern eine halbgefüllte Varietät, da diese die größte Oelmenge enthält.

Auch in Deutschland bestehen Rosenplantagen zum Zwecke der Rosenölgewinnung — die bekannte Firma Schimmel & Co. in Miltitz bei Leipzig besitzt in der Nähe ihrer großartigen Fabriksanlage etwa 20 ha Rosengärten, die im Jahre 1897 rund 255.000 kg Rosenblüthen lieferten.

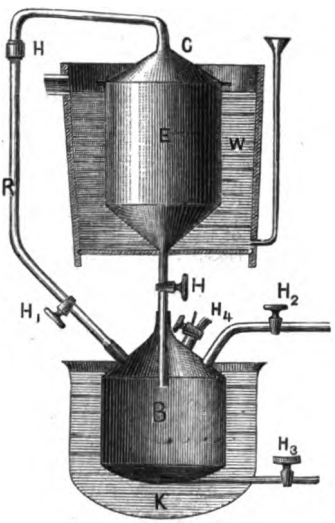
Der Gehalt der Rose an dem edlen Oele ist aber im Vergleiche mit anderen Blüthen sehr gering und dies erklärt auch die Thatsache, daß selbst Fabriken, die mit den modernsten Apparaten ausgerüstet sind und in denen die Destillation und alle übrigen Arbeiten in der sorgsamsten Weise durchgeführt werden, 5000 kg frischer Rosenblüthen bedürfen, um 1 kg Rosenöl zu erzeugen. Diese Menge kostet auch etwa 1200 Mark, ein Preis, der übrigens die Herstellungskosten kaum decken soll.

Der Werth und die Beliebtheit des Rosenöles ist aber auch die Ursache, daß dieses ätherische Oel nur zu häufig verfälscht wird. Dem kommt noch der Umstand zu Hilfe, daß ein aus dem in Indien vorkommenden Grase, Andropogon Schönanthus, erzeugtes Oel, das Schönanthus- oder Geraniumöl genannt, im Geruche eine gewisse Aehnlichkeit mit echtem Rosenöl besitzt und deshalb sehr

Digitized by Google

häufig zur Verfälschung desselben dient. Besonders soll — nach einem Berichte von Dr. C. Müller — in Bulgarien überhaupt kein reines Rosenöl dargestellt werden, und es ist daher mit besonderer Freude zu begrüßen, daß im eigentlichen Europa wirklich unverfälschte Waare, und zwar von der genannten Firma Schimmel & Co., die überhaupt eine der größten Fabriken ätherischer Oele besitzt, dargestellt wird.

Eine weitere Art der Gewinnung der ätherischen Oele beruht auf ihrer leichten Löslichkeit in verschiedenen Lösungsmitteln. Besonders geeignet sind Aether, Chloroform, Schwefelkohlenstoff und Benzin. Behandelt man das Rohmaterial mit einem dieser Lösungsmittel, so nimmt es das ätherische Oel auf. Durch Destillation trennt man dann das Lösungsmittel von dem Oele, das als weit schwerer flüchtiger Körper in dem Destillirgefäße hinterbleibt.



Vorrichtung zur Gewinnung ätherischer Oele durch Extraction.

Die zur Extraction der ätherischen Oele verwendeten Lösungsmittel sind alle sehr flüchtig und feuergefährlich. Man muß daher Apparate verwenden, die auf diese Eigenschaften Rücksicht nehmen. Dann gebietet es aber auch der geschäftliche Standpunkt, mit dem Lösungsmittel zu sparen, und dies kommt darin zum Ausdrucke, daß man Apparate benützt, die unter fortwährender Wiedergewinnung des Lösungsmittels gestatten, mit einer kleinen Menge desselben eine große Menge Oel zu gewinnen.

Eine solche Vorrichtung veranschaulicht unsere Abbildung. Der abgebildete Apparat besteht aus zwei Haupttheilen: aus dem eigentlichen Extractionsgefäße E und der Blase B. Das Extractionsgefäß sitzt in einer Kufe, die mit kaltem Wasser W gefüllt ist, das kalte Wasser wird fortlaufend durch frisches ersetzt. Die Blase ist in einem Kessel K eingesetzt, der warmes Wasser enthält.

Zunächst wird der kegelförmige Aufsatz C des Extractionsgefäßes losgeschraubt und auch die durch eine sogenannte Holländerverschraubung H hergestellte Verbindung mit dem Rohre R gelöst. Das Extractionsgefäß wird dann mit dem zu extrahirenden Material beschickt, der Aufsatz C befestigt und die Verbindung mit R hergestellt. Dann öffnet man den Hahn $H_2$ und den Hahn $H_4$, welch letzterer an einem mit einem Trichter versehenen Rohre angebracht ist, und bringt die erforderliche Menge des Extractionsmittels in die Blase. Beide Hähne werden dann wieder geschlossen, die Hähne H und $H_1$ aber geöffnet.

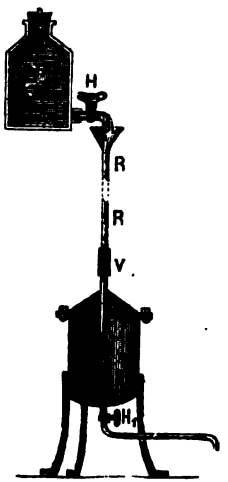
Nun erwärmt man das Wasser in dem Kessel K so weit, daß der Inhalt der Blase zu sieden anfängt. Der Dampf des Lösungsmittels steigt durch das Rohr R empor, wird bei seinem Eintritte in das Extractionsgefäß verdichtet, da

Digitized by Google

es mit kaltem Wasser umgeben ist, und fällt als Regen auf die zu extrahirende Substanz nieder. Dann gelangt es, mit ätherischem Oele beladen, wieder in die Blase B. Hier verdampft das Lösungsmittel abermals, gelangt neuerdings mit dem Rohmaterial in Berührung, hinterläßt aber das schwerer flüchtige Oel in der Blase.

Ist endlich die Gesammtmenge des Oeles gelöst, so schließt man die Hähne H und $H_1$ und öffnet den Hahn $H_2$, der mit einer Kühlschlange in Verbindung steht. Das Lösungsmittel verdampft und verdichtet sich in der Kühlschlange; durch den Hahn $H_3$ wird endlich das ätherische Oel abgelassen.

Durch Extraction gewonnene ätherische Oele sind aber stets noch mit anderen Stoffen gemengt, die ebenfalls in den verschiedenen Extractionsmitteln löslich sind. Sie müssen daher rectificirt werden; dies geschieht durch Destillation, und zwar gewöhnlich durch Destillation im Wasserdampfstrome. Aber selbst dann haften den rectificirten Oelen noch Spuren des Lösungsmittels an, die man am besten durch Einleiten eines Luftstromes entfernt. Da aber der Sauerstoff der Luft verändernd auf die ätherischen Oele einwirkt und ihnen besonders die Lieblichkeit des Geruches nimmt, ist es zweckmäßiger, an Stelle der Luft Kohlensäure zu verwenden.



Apparat zur Ausführung der Deplacirungsmethode.

Es gelingt aber auch auf kaltem Wege, ätherische Oele zu extrahiren, wenn man sie unter Druck mit dem Lösungsmittel behandelt. Es spielt sich dann ein doppelter Vorgang ab: das ätherische Oel wird durch den Druck der Flüssigkeit verdrängt oder „deplacirt" und von dem Lösungsmittel gelöst; dieses Verfahren wird auch „Deplacirungsmethode" genannt. Man verwendet zu ihrer Ausführung einen Apparat, der nach dem Principe der Real'schen Presse gebaut ist.

Die Flasche F ist oben durch einen Kork verschlossen, in dem ein zu einer feinen Spitze ausgezogenes Glasrohr r steckt. Nahe dem Boden besitzt die Flasche einen zweiten Hals, in diesem ist ein Hahn H eingesetzt, der über den Trichter eines Metallrohres R steht. Man benützt ein Rohr von solcher Länge, als es die Höhe des Gebäudes gestattet; je höher es ist, desto bedeutender ist auch der von der Flüssigkeit ausgeübte Druck. 10 m muß das Rohr mindestens lang sein, dagegen genügt ein Querschnitt von wenigen Quadratmillimetern.

Durch eine Holländerverschraubung steht dieses Rohr mit dem Extractionsgefäße C in Verbindung, das aus sehr starkem, gut verzinntem Eisenbleche angefertigt ist. Ueber dem Boden liegt ein Siebboden S, unter diesem mündet ein nach der Seite gebogenes Rohr $H_1$. Auf den Siebboden bringt man in einem Leinensacke die zu extrahirende Substanz. Dann füllt man den ganzen Apparat und das Rohr R bis oben mit dem Lösungsmittel. Der von diesem ausgeübte

Digitized by Google

Druck pflanzt sich gleichmäßig auf die gesammte Oberfläche der in C befindlichen Flüssigkeit fort und ist ebenso groß, wie wenn das Lösungsmittel eine Flüssigkeitssäule mit dem gleichen Querschnitte, wie ihn das Extractionsgefäß besitzt, bilden würde. Beträgt beispielsweise die Höhe des Rohres R 10 m und besitzt das Gefäß eine Gesammtoberfläche von 1 $m^2$, so beträgt der auf ihr lastende Druck schon 10.000 kg.

Dieser bedeutende Druck ist aber die Ursache, daß nach diesem Verfahren die Gewinnung selbst bedeutender Mengen ätherischer Oele in verhältnismäßig kurzer Zeit ausgeführt werden kann. Die mit dem ätherischen Oele beladene Flüssigkeit wird schließlich dem Gefäße durch den Hahn $H_1$ entnommen und in bekannter Weise rectificirt.

Alle Fette und Oele besitzen die mitunter sehr unliebsame Eigenschaft, fremde Gerüche anzunehmen und festzuhalten. Man benützt dieses Verhalten auch zur Gewinnung ätherischer Oele, und zwar vorzugsweise solcher, die eine so zarte Natur besitzen, daß sie durch die Destillation den größten Theil des Wohlgeruches einbüßen würden.

Behandelt man dann das Fett oder Oel mit Alkohol, so nimmt dieser das ätherische Oel auf, man benützt solche mit den Düften beladene Alkohole unter dem Namen „Extraits" unmittelbar in der Parfumerie- oder Liqueurfabrikation zur Hervorbringung der feinsten Wohlgerüche. Der mit Recht bedeutende Ruf, den die französischen Parfumerien genießen, ist dadurch begründet, daß in Frankreich alle feinen ätherischen Oele nach diesem, dem Infusionsverfahren gewonnen werden.

Die Ausführung ist verhältnismäßig einfach. Man bringt in einem passenden Gefäße reinstes Schweinefett oder Olivenöl zum Schmelzen, beziehungsweise man erwärmt es auf 30 bis 40° und hängt dann die Veilchen-, Maiglöckchenblüthen ꝛc. in leinenen Säcken in das Fett. Nach 12 bis 48 Stunden haben die Blüthen ihren Duft abgegeben, man ersetzt sie dann durch eine weitere Menge und fährt damit so lange fort, bis erfahrungsgemäß der Geruch stark genug geworden ist.

Verwendet man zur Infusion Olivenöl, so erhält man die sogenannten Huiles antiques, die echten Pomaden dagegen sind Schweinefett, das mit dem ätherischen Oele zarter Blüthen beladen ist.

Gewisse ätherische Oele — und nur diese sind die Ursache des herrlichen Duftes mancher Blumen — sind aber so empfindlich, daß sie selbst die geringe Erwärmung, wie sie zur Durchführung des Infusionsverfahrens nöthig ist, nicht vertragen, ohne sich zu verändern. Um solche Oele zu gewinnen, bleibt kein anderer Weg, als sie bei gewöhnlicher Temperatur mit dem Fette oder Oele in Berührung zu bringen. Diesen Vorgang nennt man das Absorptionsverfahren oder die Beduftung (Enfleurage).

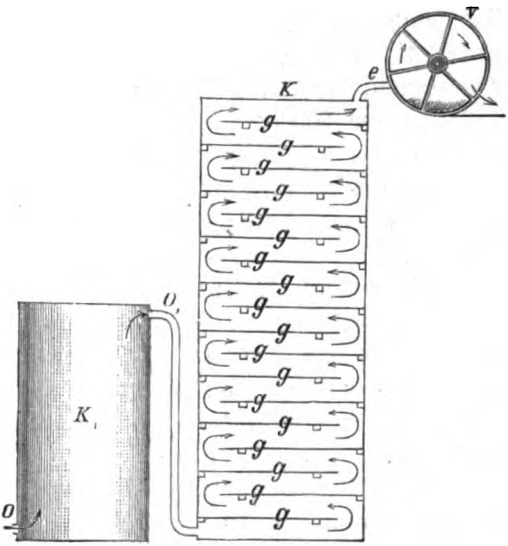
Im südlichen Frankreich bedient man sich zu seiner Ausführung großer Glastafeln, die mit einer dünnen Schicht reinsten Schweinefettes überzogen werden. Auf diese Fettschicht werden die Blüthen gestreut, deren Duft man gewinnen will,

Digitized by Google

dann bringt man sie in einen kühlen Keller. Nach einer gewissen Zeit werden die Blüthen entfernt und durch frische ersetzt, schließlich wird das Fett gesammelt und als feinste Pomade in den Handel gebracht.

Wenn man aber die Blüthen unmittelbar mit dem Fette in Berührung bringt, so ist es unvermeidlich, daß Verluste entstehen, da stets eine gewisse Menge Fett an den Blüthen haften bleibt. Man hat daher auch hier auf Verbesserungen gesonnen und einen Apparat erdacht, der diesen Uebelstand beseitigt. Man leitet nämlich durch die Blüthen einen Luftstrom, der sich mit dem ätherischen Oele belädt, dann über dünne Fettschichten streicht und hier die Riechstoffe wieder abgiebt.

Unsere Abbildung veranschaulicht eine solche Vorrichtung. Die Blüthen, deren Duft man gewinnen will, werden in das Gefäß K gebracht, das bei O eine Oeffnung besitzt. Von O führt ein Rohr nach einem hohen, allseits dicht schließenden Kasten K, in dem zahlreiche Glasplatten g in solcher Weise angeordnet sind, daß sich eine Anzahl derselben, z. B. die 1., 3., 5. u. s. f. an die linke Wand anschließen, während die 2., 4., 6. u. s. w. Glasplatte nur die rechte Wand berührt. Bei e steigt aus dem Kasten ein Rohr auf, das nach dem Ventilator V führt. Die Platten g werden mit einer dünnen Fettschicht überzogen.



Vorrichtung zur Ausführung der Enfleurage.

Setzt man nun den Ventilator in Thätigkeit, so saugt er einen Luftstrom an, der bei O in das mit Blüthen gefüllte Gefäß K eintritt und dann in der Richtung der Pfeile über die Glasplatten streichen muß. Ist dieser durch die Pfeile angedeutete Weg lang genug, so wird die Fettschicht nahezu die Gesammtmenge des ätherischen Oeles zurückhalten. Manche ätherische Oele vertragen aber nicht einmal die Berührung mit Luft, sie erleiden dadurch unliebsame Veränderungen, die hauptsächlich in einer Schwächung des Geruches zum Ausdrucke kommt. Dann bleibt nur der eine Ausweg, an Stelle des Luftstromes Kohlensäure zu verwenden, der gegenüber sich die ätherischen Oele indifferent verhalten und die überall, seit sie im comprimirten Zustande in den Handel kommt, leicht zu beschaffen ist. — —

Neben der Gewinnung der ätherischen Oele aus Pflanzen hat sich in den letzten Jahren aber auch eine rein chemische Industrie entwickelt, die dahin strebt, die Wohlgerüche auf künstlichem, auf synthetischem Wege herzustellen. Die Kunst des Chemikers hat also hier, wenigstens bis zu einem gewissen Grade, die Natur

Digitized by Google

und ihr geheimnisvolles Wirken überflüssig gemacht, sie hat gelehrt, Düfte, diese Sinnbilder der Flüchtigkeit und des raschen Vergehens, in der Retorte zu erzeugen.

Man stellt heute auf rein chemischem Wege den Duft des Veilchens her, das Oel der Iriswurzel, im Handel führt es den Namen „Jonon". Allerdings ist dieser Stoff in chemischer Hinsicht nicht vollständig identisch mit dem riechenden Bestandtheile des Irisöles, doch ist der Geruch des Jonons kaum vom echten Iriswurzelöle zu unterscheiden. Auch echtes Bittermandelöl läßt sich durch gewisse und verhältnismäßig sehr einfache Operationen gewinnen, desgleichen ein dem Bittermandelöle sehr ähnlicher, doch minder feiner Riechstoff, das Mirbanöl oder Nitrobenzol.

Auch den durchdringenden Geruch des Moschus (Bisam), des Secretes des Moschusthieres, hat man nachzumachen verstanden. Es bildet weiße Krystalle mit merkwürdig starkem und anhaltendem Moschusgeruche, der in seiner ganzen Charakteristik besonders in starker Verdünnung hervortritt. Im Handel führt dieses Präparat den Namen „Tonkinol", der Chemiker nennt es Trinitrobutyltoluol, ein Name, der dem Laien wohl etwas absonderlich vorkommen wird, dem Wissenden die Zusammensetzung dieser Verbindung aber ebenso genau angiebt, wie wir bei Betrachtung eines beliebigen Wortes sofort erkennen, aus welchen Buchstaben es gebildet ist.

Die moderne Chemie hat sich aber auch, und zwar mit Erfolg an die zartesten Erzeugnisse der Natur gewagt. Sie verstand es sogar, dem Veilchen und dem Maiglöckchen, der Nelke und der edlen Rose den süßen Duft zu rauben und in Glasgefäße zu bannen. So wird aus dem Kinde der Natur, aus dem Dufte, ein Culturproduct, ein Handelsartikel, der mit schwerem Gelde bezahlt wird.

Und bis in die fernsten Welttheile entsendet die Industrie der ätherischen Oele ihre Boten, um die Wohlgerüche tropischer Länder uns zu credenzen. Ja noch mehr. Sie versteht es sogar, die zartesten Düfte zu zerlegen und zu zergliedern, um sie nachzubilden und direct aus den Elementen aufzubauen. So wird der Natur eines ihrer Geheimnisse nach dem anderen entrissen. Wenn wir aber auch dereinst im Stande sind, alle Wohlgerüche der Welt im Laboratorium herzustellen, die weite, freie Natur wird doch nicht ihren Reiz verlieren. So viele neue, brauchbare und nützliche Verbindungen der Chemiker auch aufzubauen weiß — an Mannigfaltigkeit wird er Mutter Natur doch nie übertreffen, und dies ist die sicherste Gewähr, daß sie für Menschen mit offenem Herzen und heiterem Sinn stets ihren Zauber bewahren wird.

Digitized by Google

## Die Fabrikation der Lacke und Firnisse.

Die bei gewöhnlicher Temperatur flüssigen Fette, die Oele, zeigen, der Luft ausgesetzt, nicht alle das gleiche Verhalten. Eine Gruppe derselben, zu der beispielsweise das Olivenöl gehört, verändert nur seinen Geschmack und Geruch in höchst unliebsamer Weise: es wird ranzig. Die zweite Gruppe dagegen, zu der das Leinöl gehört, wird, der Luft ausgesetzt, immer zähflüssiger und dicker, und verwandelt sich schließlich in eine harte durchscheinende Masse, die grundverschieden von dem ursprünglichen Oele ist. Diese Oele bezeichnet man als trocknende Oele, im Gegensatze zu den nicht trocknenden, die diese Eigenschaft nicht besitzen.

Wir müssen aber festhalten, daß beide Gruppen durchaus nicht scharf voneinander getrennt sind. Manche Oele trocknen binnen sehr kurzer Zeit, andere wieder erst nach längerem Verweilen an der Luft, solche Oele pflegt man als schlecht trocknende Oele zu bezeichnen. Diese bilden gewissermaßen den Uebergang von der Gruppe der nicht trocknenden zu der der trocknenden Oele.

Von der Eigenschaft der trocknenden Oele — die wichtigsten Repräsentanten dieser Gruppe sind außer dem Leinöle Hanföl, Mohnöl und Nußöl — macht man aber in einer großen Industrie Gebrauch, man verarbeitet sie zu „Firnissen", zu Substanzen, die die Eigenschaft besitzen, an der Luft, in dünner Schicht ausgestrichen, zu erstarren und zu erhärten.

Dieser Vorgang, diese Veränderung ist auf die Einwirkung des Luftsauerstoffes zurückzuführen. Die trocknenden Oele besitzen nämlich die Eigenschaft, den Sauerstoff der Luft zu absorbiren, die Menge, die aufgenommen wird, schwankt aber nach der Natur des Oeles. Die größte Neigung, sich mit Sauerstoff zu sättigen, besitzt das Leinöl, es vermag bis zu 8% dieses Gases aufzunehmen. Gleichzeitig erhärtet es, dieser Vorgang ist aber nicht allein der Aufnahme von Sauerstoff zuzuschreiben, sondern es findet auch eine chemische Einwirkung durch den aufgenommenen Sauerstoff statt. Er oxydirt einen Theil des im Oele vorhandenen Kohlenstoffes zu Kohlensäure, einen Theil des Wasserstoffes zu Wasser. Dadurch entstehen aber kohlenstoff- und wasserstoffärmere Verbindungen, und diese werden endlich, wenn sie sich direct mit Sauerstoff verbinden, fest.

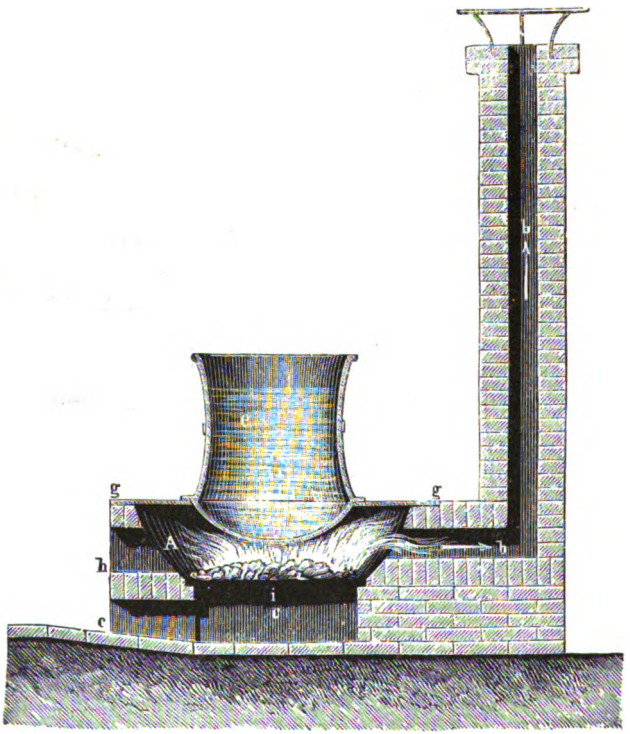
Bestreicht man also eine Fläche mit Leinöl, so wird der Anstrich nach einiger Zeit erstarren, wir sagen dann, die Fläche sei „gefirnißt". Die Zeit, die das Leinöl braucht, um vollständig zu erhärten, ist aber um so länger, je frischer es ist. Verwendet man dagegen Leinöl, das schon Gelegenheit hatte, aus der Luft Sauerstoff aufzunehmen, so wird es eher fest werden. Als Firniß wird somit altes Leinöl besser geeignet sein als frisches. Man macht sich in der Praxis dieses Verhalten zu Nutze, und besonders in England geht man in der Weise zu Werke, daß man frisches Leinöl nach der Gewinnung in große Behälter füllt. Diese werden amtlich verschlossen, so daß eine Entnahme des Oeles unmöglich wird. Die Luft kann zu dem Oele aber ungehindert zutreten, und es vollzieht sich nun der Vorgang



Digitized by Google

der Sauerstoffaufnahme. Nach mehreren Jahren, oft erst nach sehr vielen, wird dann der Behälter geöffnet, und solches Leinöl, das einen ausgezeichneten Firniß bildet, wird mit sehr hohen Preisen bezahlt.

Was sich hier im Laufe der Jahre auf natürliche Weise vollzieht, läßt sich aber auch durch Anwendung chemischer Verfahren künstlich beschleunigen. Kocht man beispielsweise trocknende Oele mit Körpern, die Sauerstoff abzugeben vermögen, so sättigt man das Oel schon bis zu einem gewissen Grade mit Sauerstoff, und es ist dann nur mehr eine verhältnismäßig geringe Menge nöthig, um es vollständig zu trocknen. In dünner Schicht ausgestrichen, wird ein solches Oel sehr rasch erhärten, und auf diesem Principe beruht die Herstellung, das „Kochen" der Firnisse.



Herd und Kessel zur Firnißfabrikation.

Zur Herstellung der Firnisse verwendet man vornehmlich gewisse Verbindungen dreier Metalle, diese sind Blei, Mangan und Zink.

Die am häufigsten angewendete Verbindung ist Bleioxyd, dann folgt Mennige, endlich essigsaures Blei oder Bleizucker. Wird ein trocknendes Oel mit einer dieser Bleiverbindungen gekocht, so erhält man einen zwar ausgezeichneten, sehr rasch trocknenden Firniß, doch besitzt er die in vielen Fällen unliebsame Eigenschaft, an der Luft rasch dunkler zu werden. Diese Erscheinung ist darauf zurückzuführen, daß in der Luft stets geringe Mengen Schwefelwasserstoff vorhanden sind. Der Schwefelwasserstoff setzt sich aber mit dem Blei unter Bildung von schwarz gefärbtem Schwefelblei um.

Diese unliebsame Eigenschaft besitzen aber die Manganverbindungen nicht. Man verwendet sowohl Mangansuperoxyd (Braunstein) wie Manganoxydul und Kaliumpermanganat. Am häufigsten bedient man sich jedoch einer Verbindung von Manganoxydul mit Borsäure, und dieser Körper, das Manganborat, besitzt unter allen in der Firnißfabrikation angewendeten Körpern unstreitig die größte Wichtigkeit.

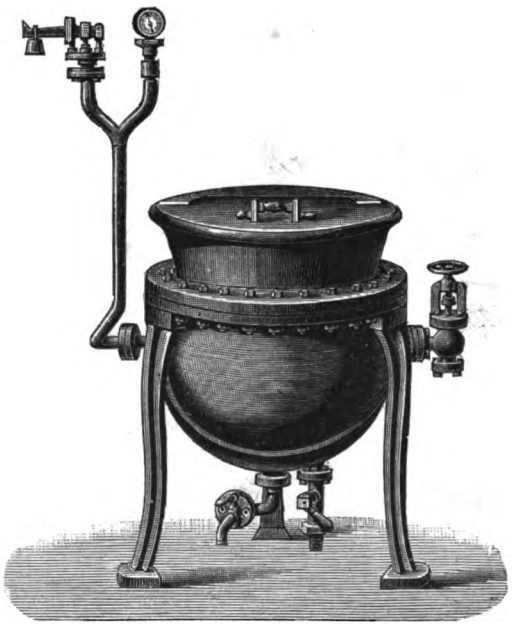
Digitized by Google

Firnisse, die durch Kochen mit diesem Präparate bereitet wurden, zeichnen sich dadurch aus, daß sie an der Luft sehr rasch erhärten.

Auch Zinkoxyd wird zur Darstellung von Firnissen benützt, doch trocknen Firnisse, die ausschließlich durch Kochen mit Zinkoxyd bereitet wurden, nur sehr langsam.

Das Kochen der Firnisse ist eine durchaus nicht ungefährliche Operation, da bei höherer Temperatur die Oele leicht Feuer fangen und dann sehr schwer zu löschen sind. Darauf muß bei der Construction der Apparate Rücksicht genommen werden.

Die einfachste, zur Bereitung der Firnisse dienende Vorrichtung veranschaulicht die Abbildung auf Seite 802. In den Kessel e wird das zu kochende Leinöl gebracht; sobald es kocht, werden nach und nach die Trockenpräparate zugegeben. Der Kessel sitzt in einem Ausschnitte der Herdplatte g, so daß nur sein Boden von den Flammen umspült wird, die Möglichkeit einer Entzündung des kochenden Oeles ist dadurch sehr vermindert, doch durchaus nicht ausgeschlossen. Die Temperatur der kochenden Firnißmasse wird zwischen 230 und 245° erhalten. Ist das Kochen beendet, so entleert man den Kessel in ein eisernes Gefäß und überläßt in diesem den Firniß der Klärung.



Firnißkessel mit Dampfheizung.

Weit zweckmäßiger dagegen ist es, das Kochen des Oeles nicht unter Benützung einer directen Feuerung, sondern mittelst Dampf auszuführen. Dann ist jede Gefahr ausgeschlossen, besonders dann, wenn man den Dampfüberhitzer ganz außerhalb des Sudraumes verlegt, wie dies bei der Kochanlage von Lehmann der Fall ist.

Der Dampfüberhitzer ist bei dieser Anlage durch eine Mauer vom Sudraume getrennt, durch ein Rohr steht er mit dem Kessel in Verbindung, der den zu überhitzenden Dampf liefert. Der überhitzte Dampf tritt dann mit einer etwa 400° betragenden Temperatur in die Schlange, die sich im Inneren des Firnißkessels befindet, ein, und erhitzt das Oel nach und nach zum Kochen. Ueber dem Kessel befindet sich eine an Ketten, die über Rollen laufen und durch Gegengewichte im Gleichgewichte gehalten werden, hängende Dunsthaube; sie wird während des Kochens herabgelassen, um die sich entwickelnden Dämpfe nach dem Roste der Feuerung des Dampfüberhitzers zu führen, wo sie verbrennen.

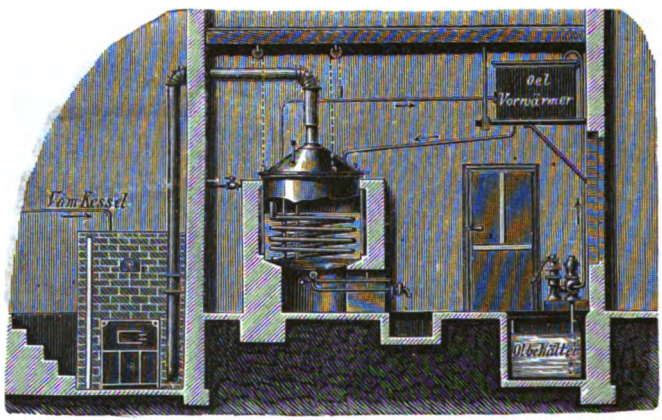


Digitized by Google

Der zur Heizung des Kessels verwendete Dampf giebt in diesem aber seine Wärme nicht vollständig ab. Um sie nutzbar zu machen, leitet man den Dampf noch durch ein Schlangenrohr, das in einem hochgelegenen Oelbehälter liegt, und wärmt dadurch das zur Verarbeitung bestimmte Oel vor, ehe es in den Kessel gelangt.

Durch das Kochen ist man aber nur im Stande, Firnisse zu erzeugen, die als Trocknungsmittel dienende Verbindungen enthalten. Vollständig reinen Leinölfirniß kann man dagegen durch das erwähnte, jahrelange Lagern erhalten, oder durch Behandlung mit Sauerstoff, den man durch den elektrischen Strom erzeugt. Ein diesem Zwecke dienender, sehr sinnreicher Apparat wurde von Pfanne angegeben, die Abbildung auf Seite 805 zeigt ihn im Durchschnitt.

Das in Firniß umzuwandelnde Leinöl wird nebst Wasser und verdünnter Schwefelsäure in den Bottich A gebracht. Innen ist dieser Bottich mit Zinkplatten E

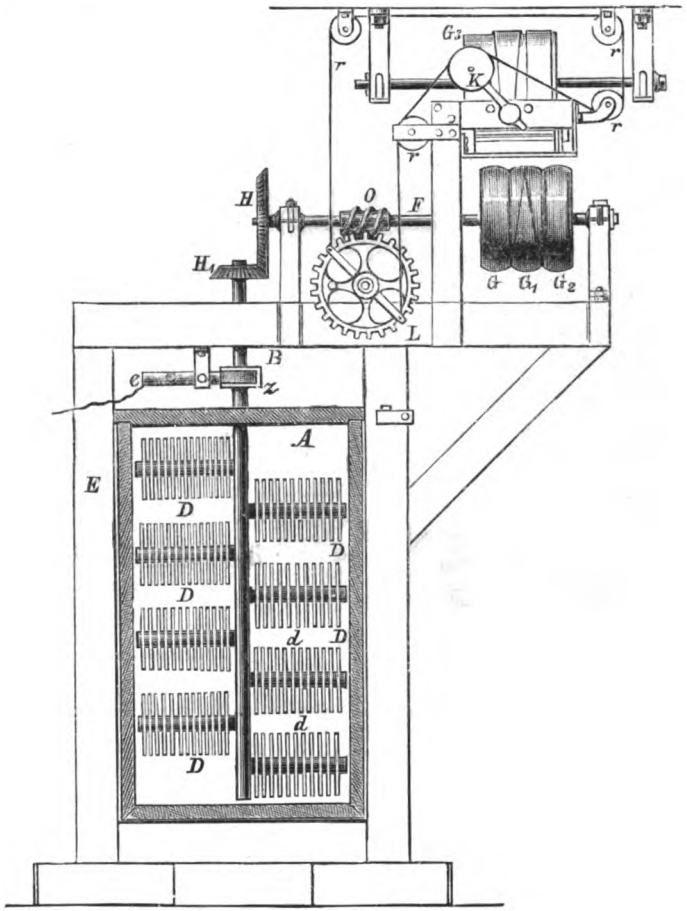



Feuersichere Firnißkochanlage von Lehmann.

ausgekleidet. Außerdem befindet sich hier die verticale, aus Metall verfertigte Welle B, die bürstenförmige Metallarme Dd trägt. Diese Welle wird von der Riemenscheibe $GG_1G_2$ durch Vermittlung der beiden Kegelräder H und $H_1$ angetrieben. Bei ez wird ihr mittelst eines Schleifcontactes ein von einer Dynamomaschine erzeugter elektrischer Strom zugeführt, der andere Pol der Dynamomaschine steht mit den, den Bottich auskleidenden Zinkplatten in Verbindung. Der elektrische Strom geht also von den Zinkplatten zur Rührvorrichtung oder umgekehrt, dabei zerlegt er das Wasser und der entstehende Sauerstoff bewirkt die Oxydation des Leinöles. Gleichzeitig sorgt die Rührvorrichtung für eine ununterbrochene, innige Mischung der Flüssigkeiten, und um diese so vollständig als möglich durchzuführen und zu verhüten, daß sie bloß im Kreise herumgeführt werden, ist oberhalb der Riemenscheiben die mit K und den anderen Buchstaben bezeichnete Vorrichtung vorhanden, die jede Minute eine Umstellung des Ganges der Rührvorrichtung herbeiführt.

Digitized by Google

Neben den Firnissen werden auch andere Producte verwendet, die man als Lacke bezeichnet. Es sind dies Lösungen von Harzen in fetten oder in ätherischen Oelen (Terpentinöl), in Alkohol oder in anderen flüchtigen Flüssigkeiten. Ihre Aufgabe ist gewöhnlich eine doppelte: sie sollen verschiedene Gegenstände einerseits mit einer schützenden, der Einwirkung der Luft und der Feuchtigkeit widerstehenden Decke überziehen, andererseits aber auch zu ihrer Verschönerung beitragen.

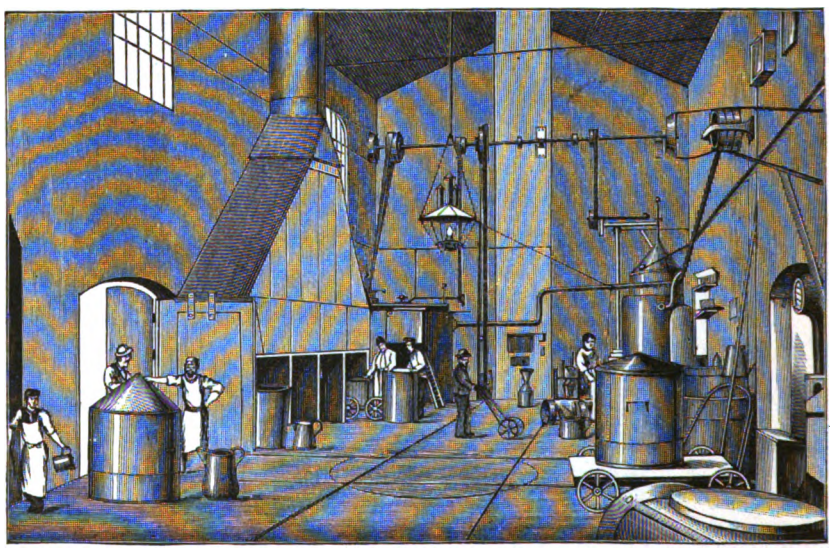



Apparat von Pfanne zur Firnißbereitung mittelst Elektricität.

Je nach den Materialien, die man zur Bereitung der Lacke benützt, erhält man Producte mit verschiedenen Eigenschaften. Die fetten Lacke sind beispielsweise Lösungen von Harzen in trocknenden Oelen und Terpentinöl. Das Terpentinöl gehört seiner Flüchtigkeit wegen zu den ätherischen Oelen. Es verdampft, wenn der Lack aufgestrichen wird, und das Harz hinterbleibt nebst dem trocknenden Oele, das nun seinerseits Sauerstoff aufnimmt und erhärtet.

Digitized by Google

Die ätherischen Lacke dagegen bestehen nur aus Harzen, die in einem bei gewöhnlicher Temperatur flüchtigen Lösungsmittel wie Benzin, Alkohol oder Aether gelöst sind. Das Lösungsmittel verdunstet sehr rasch und hinterläßt dann einen glatten und glänzenden Ueberzug des Harzes. Es ist aber durchaus nicht gleichgiltig, was für Harze man zur Fabrikation der Lacke benützt. Viele Harze sind spröde und würden nach dem Verdunsten des Lösungsmittels einen sich rasch abbröckelnden Ueberzug bilden. Durch geeignete Verfahren, wie durch richtige Mischung verschiedener Lacke, gelingt es dagegen, Producte von tadelloser Beschaffenheit zu erzeugen; besonders in England steht die Industrie der Lacke auf einer sehr hohen Stufe der Entwickelung und ihre Erzeugnisse werden mit sehr hohen Preisen bezahlt.



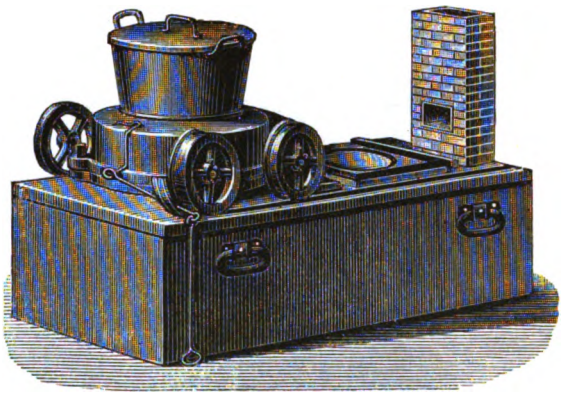
Schmelzraum der Lackfabrik von Wilkinson, Heywood & Clark in London.

Die Herstellung der ätherischen oder Spirituslacke gelingt verhältnismäßig leicht, da die Harze in den verschiedenen Lösungsmitteln gut löslich sind und sich die Lösung durch Erwärmen beschleunigen läßt. Größere Schwierigkeiten bereitet dagegen die Herstellung der fetten Lacke, und es ist eine interessante, wenn auch leider noch nicht vollständig aufgeklärte Thatsache, daß gute fette Lacke nur aus Harzen bereitet werden können, die man zuvor erhitzt hat. Wahrscheinlich geht damit eine Veränderung des betreffenden Harzes Hand in Hand, denn wenn Copal- oder ein anderes Harz erhitzt (destillirt) wird, so wird Wasser abgespalten, außerdem destilliren aber aus den meisten Harzen auch flüchtige Stoffe ab, so daß es mehr als wahrscheinlich ist, daß durch das Erhitzen auch eine chemische Veränderung der Harze stattfindet. Leider sind aber gerade die Harze Körper, die dem Chemiker bei ihrem

Digitized by Google

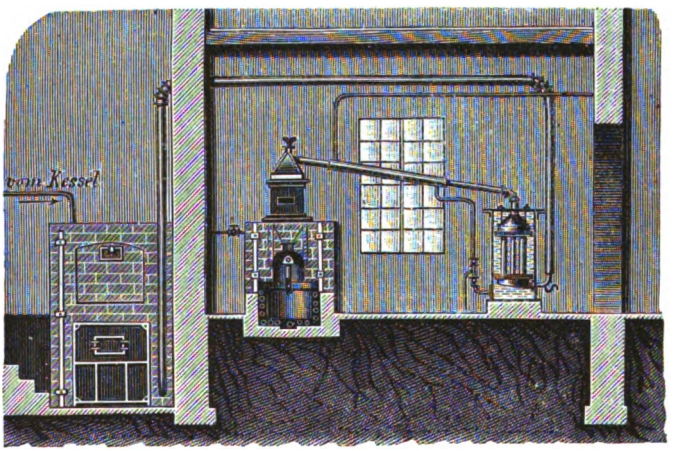
Studium viel Schwierigkeiten bereiten und ihm nicht so leicht einen Einblick in ihr Inneres gestatten. Dies ist wohl auch der Grund, weshalb unsere Kenntnisse über die Harze und was damit zusammenhängt, über die Lacke noch nicht sehr weit vorgeschritten sind.

Zum Schmelzen der Lacke bedient man sich verschiedener Vorrichtungen, bei deren Construction selbstverständlich auch auf die Gefährlichkeit dieser Operation Rücksicht genommen wurde. Man benützt eiserne Gefäße, die mit einem Deckel versehen sind, häufig stellt man sie auf Räder, die auf Schienen laufen, und fährt sie über die Feuerungsstelle. Das Schmelzen selbst nimmt man unter einem Dunstfange vor, um durch die Dämpfe nicht belästigt zu werden.



Abfahrbarer Schmelzkessel.

Selbstredend kann man sich zum Schmelzen des Harzes an Stelle des freien Feuers auch des überhitzten Dampfes bedienen. Dadurch verliert diese Operation ihre Gefährlichkeit vollkommen. Versieht man außerdem den Kessel, wie dies bei



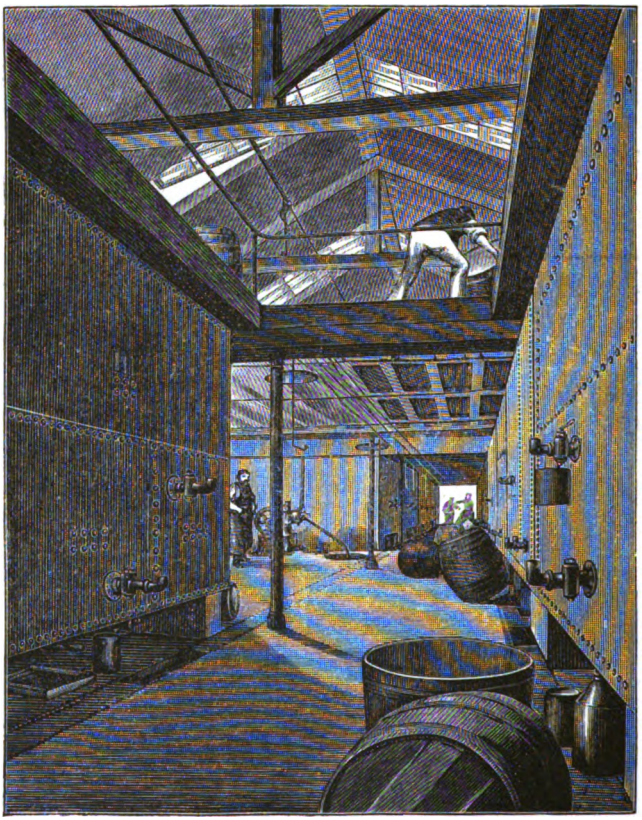

Feuersichere Copalschmelzanlage von Lehmann.

der Schmelzvorrichtung von Lehmann der Fall ist, noch mit einem luftdicht schließenden Helme, von dem ein Rohr nach einem Kühler führt, und verbrennt die sich hier nicht verdichtenden Gase, so kann das Schmelzen der Lacke in einer Weise ausgeführt werden, die als nicht mehr verbesserungsfähig bezeichnet werden muß.

Digitized by Google

Das geschmolzene Harz wird dann in einem mit einem Rührwerke versehenen Kessel mit dem trocknenden Oele, an dessen Stelle mitunter auch „Firniß“ benützt wird, verrührt. Dann läßt man die Mischung auf 180 bis 190° abkühlen und setzt das als Verdünnungsmittel dienende Terpentinöl zu.

Von großem Einflusse auf die Güte eines Lackes ist aber auch das Alter desselben. Wie die Erfahrung lehrte, sind frisch bereitete Lacke lange nicht so gut,



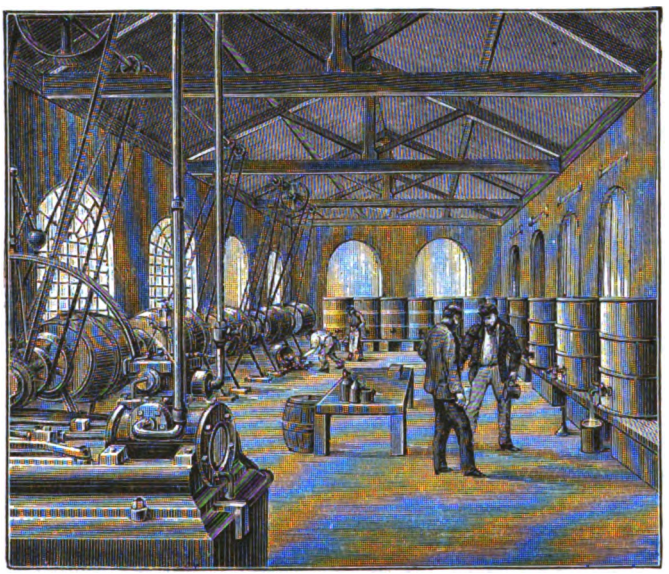
Lagerraum einer englischen Lackfabrik.

so widerstandsfähig und dauerhaft, wie solche, die längere Zeit gelagert haben, und ein großer Theil des Geheimnisses, weshalb die englischen Lacke in mancher Beziehung anderen überlegen sind, ist wohl darin zu suchen, daß die englischen Lackfabrikanten ihre feinen und feinsten Erzeugnisse Monate, ja selbst Jahre hindurch lagern lassen, ehe sie ausgestoßen werden.

Die Spirituslacke werden durch Lösen verschiedener Harze in flüchtigen Lösungsmitteln, wie Aether, Alkohol, Chloroform, Benzin ꝛc. dargestellt. Manche Lacke werden vollständig auf kaltem Wege bereitet, man rührt oder schüttelt sie

Digitized by Google

in geeigneten Gefäßen mit dem Lösungsmittel und filtrirt sie schließlich noch, um sie vollkommen blank zu erhalten. Will man dagegen das Lösen durch Anwendung von Wärme unterstützen, so kann dies nur in solchen Vorrichtungen geschehen, die Verluste durch Verdampfen des Lösungsmittel unmöglich machen, oder doch sehr verringern. Um das Zusammenballen der Harze im Lösungsmittel zu verhüten, mengt man sie vorher wohl auch mit einem indifferenten Material, wie Quarzsand oder Glaspulver. Das wichtigste und am häufigsten zur Darstellung der Lacke angewendete Lösungsmittel ist der Alkohol, da alle anderen Stoffe, wie Aether u. s. f. zu flüchtig sind. Solche Lacke trocknen schon im Pinsel ein und



Raum für die Bereitung von Spirituslacken in einer englischen Lackfabrik.

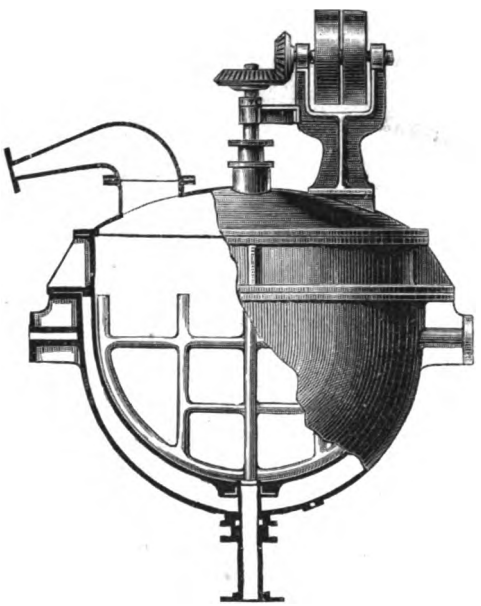
man wendet sie nur für besondere Zwecke an, dort wo sie nicht aufgestrichen, sondern aufgegossen werden. Dies ist beispielsweise beim Lackiren der photographischen Negative der Fall; man bedient sich zu diesem Zwecke eines Lackes, der unter Verwendung von Aether oder Petroleumbenzin angefertigt ist.

In Europa dienen die Lacke wohl in allererster Linie Gebrauchszwecken, Luxusgegenstände werden nur in seltenen Fällen zu dem Zwecke mit Lack überzogen, um durch den Lack selbst zu wirken. Anders ist es dagegen in mehreren asiatischen Ländern, und die Japaner, die „Engländer des Ostens", wie man sie mit Recht genannt hat, sind wahre Meister und vollendete Künstler in der Ausführung der Lackarbeiten.

Wie bekannt, war Japan bis zum Jahre 1873 ein nur sehr wenig erforschtes Gebiet, und man dachte nicht daran, daß dieses fleißige und hochintelligente Volk

Digitized by Google

Industrien besaß, die Jahrhunderte alt sind und nur der Bekanntmachung bedurften, um für die ganze Welt Bedeutung zu erlangen. Auf der Wiener Weltausstellung im Jahre 1873 trat aber Japan mit eben diesen Industrien zum erstenmale vor ein großes Publicum, vor die Welt, und eroberte sich im Fluge deren Sympathien. Durch diese Ausstellung lernte man auch die berühmten japanischen Lackarbeiten näher kennen und heute werden sie von Japan aus in Massen auf der ganzen Welt verbreitet. Die eigenartige Technik der Darstellung von Landschaften oder Thieren auf diesen Lackarbeiten ist zwar etwas unbeholfen, aber trotzdem genial und zum mindesten erkennt man sofort, was der Künstler, der sie entworfen, gewollt. Die anspruchslose Lebensweise des Japaners und die niederen Löhne, die dort gezahlt und gefordert werden, ermöglichen es aber, diese Lackarbeiten zu einem ungemein niederen Preis selbst in Europa abzusetzen, so daß diese Erzeugnisse sich allgemein großer Beliebtheit erfreuen.



Doppelkessel mit Rührwerk zur Bereitung von Spirituslacken.

In der Herstellungsweise herrscht aber doch ein Unterschied. Wie Kenner Japans versichern, werden die zum Export bestimmten, billigen Artikel lange nicht mit jener Sorgfalt hergestellt, wie schöne und größere Prachtstücke, die dann im Lande selbst sehr hohe Preise erzielen, was auch durch die Umständlichkeit der Herstellung begründet ist. So zählen alte, aus dem vergangenen Jahrhunderte stammende japanische Lackarbeiten zu den werthvollsten und kostbarsten Stücken vieler Sammlungen.

Die japanischen und auch die chinesischen Lackarbeiten werden nach folgendem umständlichen Verfahren angefertigt. Das zu lackirende Holz wird zunächst sorgfältig geglättet, Risse und Unebenheiten werden mit einem Kitte ausgefüllt. Dann wird die ganze Fläche mit Hanfleinwand oder Bastpapier und mit einer Grundmasse überzogen, die aus Wasser, Rohlack, Kleister und Ziegelmehl oder Ocker besteht.

Ist dieser Ueberzug getrocknet, so wird er sorgfältig abgeschliffen und polirt, mehrmals lackirt und nach dem Trocknen jeder Lackschicht neuerdings geebnet. Schwarzer Lack wird erst bei einer der letzten Operationen benützt und auf ihm wird erst, nach nochmaliger Polirung, der eigentliche glänzende Lack und die sonstige Verzierung aufgetragen. Der feinste Lack, dessen sich die Japaner bedienen, wird durch Verletzung der Rinde des Firnißsumach, in Japan Urusinoki genannt, gewonnen.

Digitized by Google

Er bildet eine grau-weiße Emulsion, die der Luft ausgesetzt aber bald durch Hellbraun und Dunkelbraun schwarz wird. Man preßt ihn durch Tücher, entwässert ihn an der Sonne, verdünnt ihn durch Kampher und vermengt ihn außerdem noch mit verschiedenen Farben.

Dieser Vollendungslack muß, sobald er aufgetragen ist, sehr langsam trocknen, denn nur dadurch wird seine Haltbarkeit bedingt und verhindert, daß er Risse und Sprünge bekommt. Um das Trocknen zu verzögern, wird in dem Trockenraume Wasser aufgesprengt und die Entwickelung von Staub vermieden. Sehr werthvolle Lackarbeiten sollen sogar auf Kähnen oder in feuchten Gruben angefertigt werden. Der Lack wird abermals abgeschliffen, der Gegenstand neuerdings lackirt, nach dem Trocknen wieder abgeschliffen u. s. f., dieser Vorgang wird so oft wiederholt, bis die Lackschicht die entsprechende Dicke erlangt hat. Im Minimum werden drei, im Maximum 18 Lackschichten aufgetragen.

Sind endlich alle Lackschichten hergestellt und genügend getrocknet, so kommt der Künstler an die Reihe, der gewöhnlich, den Eingebungen seiner Phantasie folgend, mittelst des steilgehaltenen Pinsels die Gegenstände verziert. Die Umrisse seines Entwurfes werden mit einem Stahlstifte in die Lackmasse eingegraben und diese Linien eventuell vergoldet, indem man Goldstaub einstreut, der dann an der noch feuchten Farbe haften bleibt. Ist endlich die Malerei getrocknet, so wird der überschüssige Goldstaub mit einer weichen Bürste weggekehrt und der Gegenstand noch mit einer dünnen, durchsichtigen Lackschicht überzogen.

Häufig sieht man auf japanischen Lackarbeiten Gegenstände, Thiere oder Berge erhaben dargestellt. Dies wird in der Weise gemacht, daß auf die Tasse, überhaupt auf den zu verzierenden Gegenstand eine Kittschicht aufgetragen wird, die sich innig mit der Unterlage verbindet. Aus dieser Kittschicht wird dann das Relief herausgearbeitet, bemalt und mit Lack überzogen. Ein beliebtes Verzierungsmittel der japanischen Künstler ist die Schale der Perlmuschel, die Perlmutter, und sie verstehen damit sehr hübsche und dem Auge gefällige Effecte zu erzielen. Die Perlmutter wird in die noch weiche Lackschicht eingedrückt und mit dieser abgeschliffen. Die Japaner verstehen es auch, die Perlmutter künstlich zu färben und dadurch ihr Aussehen noch mannigfaltiger zu gestalten, als es schon von Natur aus ist.

Wir wollen diesen Abschnitt und damit überhaupt das Capitel, in dem wir uns mit den Fetten beschäftigt haben, nicht beschließen, ohne noch zweier Körper zu gedenken, die für die Industrie von der größten Bedeutung sind: Kautschuk und Guttapercha.

In chemischer Hinsicht haben sie mit den Fetten gar keine Verwandtschaft, eher noch mit gewissen ätherischen Oelen, von denen wir wissen, daß sie sauerstofffrei sind, wie die Terpene. Diese sind Gemenge mehrerer Kohlenwasserstoffe, und mit ihnen haben Kautschuk und Guttapercha wenigstens das gemeinsam, daß sie auch Kohlenwasserstoffe sind, die von Pflanzen stammen.

Der Kautschuk, auch elastisches Gummi oder Federharz genannt, wird aus dem Milchsafte mehrerer Pflanzen gewonnen. Sie gehören den Familien der

Digitized by Google

Apocynaceen, Moraceen und Euphorbiaceen, zu welch letzteren auch unsere Wolfsmilch gehört, an; sie gedeihen nur in Ländern, deren Temperatur sich zwischen 33 und 42° bewegt, und sind in Central- und Süd-Amerika, fast in ganz Afrika, den beiden Indien, dem indischen Archipel und der nördlichen Hälfte von Australien heimisch. Die Species, deren Milchsaft den Kautschuk liefert, sind: Ficus elastica und indica, Artcarpus integrifolia, Siphonia elastica, Urceola elastica und Vahea gummifera.

Der größte Theil des Kautschuks stammt aus Süd-Amerika und aus Ost-Indien, doch auch Ost-Afrika beginnt in der letzten Zeit als kautschukproducirendes Land Bedeutung zu erlangen. In den kautschukliefernden Pflanzen ist der Kautschuk im Milchsafte enthalten, der große, vielfach verzweigte und die ganze Pflanze durchziehende Zellen erfüllt. Wird eine solche Zelle verletzt, so fließt der Milchsaft aus — genau so, wie wir dies im Kleinen an der bei uns heimischen Wolfsmilch beobachten können.

Syphonia elastica.

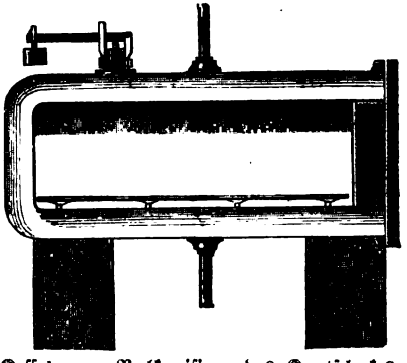
Die Gewinnung dieses Milchsaftes geschieht aber in sehr primitiver Weise. Die Eingeborenen verletzten die Rinde der Stämme und sammeln den austretenden Milchsaft in kleinen, schwalbennesterförmigen Gefäßen, die an den Stämmen befestigt werden. Von Zeit zu Zeit werden diese kleinen Gefäße in größere entleert. Der Milchsaft, der sehr wasserreich ist, und der wechselnde Mengen — 8 bis 30% — Kautschuk enthält, wird dann auf Thonformen, Kugeln, Flaschen oder mit Thon überzogenen Hölzern in dünner Schicht aufgestrichen und über freiem Feuer trocknen gelassen. Dies wird so oft wiederholt, bis sich ein Ueberzug von genügender Stärke gebildet hat. Er wird dann abgelöst, und bildet die werthvollste Kautschuksorte des Handels, den Paragummi. Minder werthvoll sind dagegen jene Sorten, die in kopfgroßen Klumpen unter der Bezeichnung „Negerköpfe" in den Handel kommen; sie enthalten außer Kautschuk bedeutende Mengen Holz und Rinde, und sind Kautschukmasse, die direct an den Bäumen eingetrocknet ist.

Immer muß der Rohkautschuk aber, bevor er für die verschiedenen technischen Zwecke geeignet ist, einer Raffination unterworfen werden. In der Wärme wird er plastisch wie Thon, und diese Eigenschaft benützt man zu seiner Reinigung, die in

Digitized by Google

wiederholtem Zerschneiden, Walzen und Kneten besteht. Im reinen Zustande bildet der Kautschuk eine durchsichtige Masse, die in dicker Schicht gelblich, in dünner dagegen nahezu farblos ist. Gegen chemische Agentien ist er in hohem Grade widerstandsfähig, doch ist reiner Kautschuk lange nicht so brauchbar und zu den verschiedenen Zwecken geeignet, wie jener, der „vulcanisirt" wurde.

Behandelt man nämlich Kautschuk mit geschmolzenem oder gelöstem Schwefel, so nimmt er Schwefel auf, und verändert, je nach der Schwefelmenge, die ihm zugeführt wurde, vollständig oder doch theilweise seine Eigenschaften. Schwach geschwefelter oder „vulcanisirter" Kautschuk unterscheidet sich von dem natürlichen hauptsächlich dadurch, daß seine Elasticität auch bei niederen Temperaturen nicht verschwindet, ferner ist er in den gewöhnlichen Lösungsmitteln — leichtes Steinkohlentheeröl, Petroleumbenzin, Schwefelkohlenstoff und Terpentinöl — nicht mehr löslich. Wird ihm eine größere Menge einverleibt, so wird er schwarz, hart und politurfähig, behält aber bis zu einem gewissen Grade seine Elasticität bei. Diese Masse wird Hartkautschuk oder Ebonit genannt und ebenfalls zu zahlreichen Zwecken, besonders in der Elektrotechnik als Isolationsmittel, dann aber auch zur Anfertigung säurefester Rohre, Hähne u. dgl. benützt.



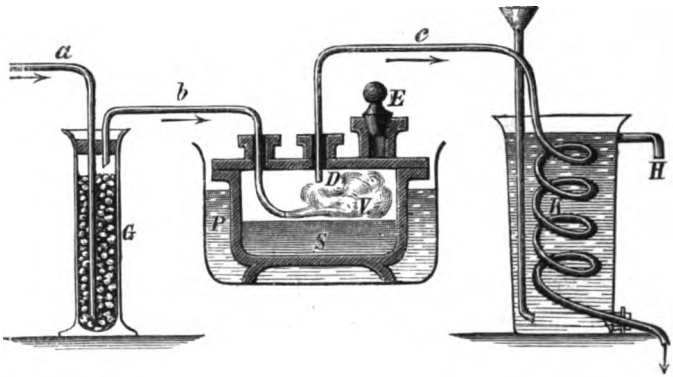
Kessel zum Vulkanisiren des Kautschukes.

Die Eigenschaft des Kautschuks, durch das Vulcanisiren seine Brauchbarkeit wesentlich zu erhöhen, wurde erst zu Beginn der Vierzigerjahre aufgefunden. Das Vulcanisiren wurde in der Weise ausgeführt, daß man Kautschukplatten 10 bis 15 Minuten lang in geschmolzenem Schwefel bei etwa 129° tauchte, er nahm dann etwa 15% seines Gewichtes an Schwefel auf. Dann wurde er zwischen Walzen geknetet und schließlich auf 150° erhitzt. Jetzt führt man das Vulcanisiren in der Weise aus, daß man Kautschuk und Schwefel mit Hilfe geheizter Walzen durchknetet, oder indem man ihn mit Schwefelantimon (Goldschwefel) mischt und in geschlossenen Kesseln erhitzt, durch dieses Präparat wird er gleichzeitig auch roth gefärbt.

Das Vulcanisiren gelingt jedoch auch bei gewöhnlicher Temperatur, wenn man an Stelle des Schwefels Chlorschwefel anwendet. Dieses Verfahren wurde von Parkes 1846 angegeben; man benützt eine Lösung von Chlorschwefel, einer Verbindung von Chlor mit Schwefel, in Schwefelkohlenstoff, in die der Kautschuk 2 bis 3 Minuten eingetaucht wird. Der Chlorschwefel oder das Schwefeldichlorid giebt dann seinen Schwefel an den Kautschuk ab, nach neueren Untersuchungen soll aber gerade das Umgekehrte der Fall sein: der Kautschuk soll sich mit dem Chlor verbinden und gar keinen oder doch nur wenig Schwefel aufnehmen. Ist die Lösung tief genug in den Kautschuk eingedrungen, so wird er in einem warmen Luftstrome getrocknet, oder man wäscht ihn, um die Einwirkung des Schwefels abzukürzen, in

Digitized by Google

lauwarmem Wasser. Um den äußerlich anhaftenden Schwefel zu entfernen, kocht man den vulcanisirten Kautschuk schließlich noch in Alkalilauge.




Apparat zur Darstellung von Chlorschwefel.

Die Darstellung des Chlorschwefels gelingt unmittelbar aus den beiden Elementen, und wird meist unter Verwendung des durch die obenstehende Abbildung veranschaulichten Apparates ausgeführt.

Isonandra gutta.

Durch das Rohr a gelangt Chlorgas aus einem passenden Entwickelungsgefäße in den Glascylinder G. Dieser ist mit Glaskugeln gefüllt, die mit concentrirter Schwefelsäure befeuchtet sind, und hat den Zweck, das Chlorgas vollständig zu trocknen. Durch das Rohr b tritt es dann in das aus Steinzeug verfertigte Gefäß V über. Dieses Gefäß wird durch den ebenfalls aus Steinzeug verfertigten Deckel D verschlossen, durch den Ansatz E wird Schwefel eingeworfen. In dem Blechgefäße P befindet sich Paraffinöl, man erhitzt es so weit, daß der Schwefel in V eben schmilzt. Der geschmolzene Schwefel vereinigt sich dann mit dem trockenen Chlorgase unmittelbar zu Chlorschwefel, dieser entweicht in Dampfform durch c und wird in dem gläsernen Kühler K zu einer Flüssigkeit verdichtet, bei H fließt das erwärmte Kühlwasser ab.

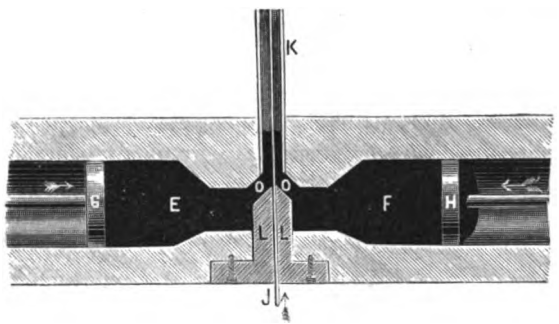
Digitized by Google

Der Chlorschwefel ist eine orangegelbe, ölige Flüssigkeit, die an der Luft sehr stark raucht und Dämpfe von Salzsäure ausstößt. Die Schleimhäute werden durch Chlorschwefel sehr stark angegriffen, und dies ist vielleicht der einzige Nachtheil, den das Parkes'sche Verfahren gegenüber der Vulcanisirung unter Verwendung von Schwefel besitzt, denn die Arbeiter haben durch die Dämpfe des Chlorschwefels sehr zu leiden.

Auch die Guttapercha wird aus dem eingetrockneten Milchsafte gewisser Bäume, hauptsächlich Isonandra gutta gewonnen. Sie besitzt ähnliche Eigenschaften wie Kautschuk, doch ist sie minder elastisch. Die Guttapercha wurde so ziemlich zur gleichen Zeit wie der Kautschuk bekannt, auch die Gewinnung des Milchsaftes geschieht in der gleichen Weise. Die im Handel vorkommende Guttapercha stammt zum größten Theile von Malakka und Niederländisch-Indien. In den ersten Jahren des Exportes gewann man den guttaperchaliefernden Milchsaft in der rohesten und geradezu barbarischen Weise: man hieb die Bäume einfach um und ließ den Milchsaft ausfließen.

Die Guttapercha wird in der gleichen Weise gereinigt wie der Kautschuk, sie verbindet sich auch mit Schwefel, kann also vulcanisirt werden.

In der Technik und in manchen Gewerben erfreut sie sich ausgedehnter Anwendung, besondere Wichtigkeit erlangte sie aber als Isolationsmittel für Telegraphenkabel und Kabel, durch die starke Ströme zum Zwecke der elektrischen Beleuchtung und Kraftübertragung geleitet werden.




Vorrichtung zur Herstellung umkleideter Drähte.

Das Verdienst, zuerst die Verwendung der Guttapercha zu diesem Zwecke vorgeschlagen zu haben, gebührt dem genialen Elektriker Werner Siemens, er gab auch die Verfahren an, nach denen dies in sehr einfacher Weise geschehen kann.

Die Vorrichtung, die zur Umkleidung von Drähten mit einer schützenden und isolirenden Schicht von Guttapercha benützt wird, besitzt folgende Einrichtung: Der hohle Cylinder E und F nimmt die weiche Guttaperchamasse auf, die von rechts und links mit Hilfe der beiden Stempel G und H zusammengepreßt werden kann. Ungefähr in der Mitte zwischen den beiden Stempeln ist die Wandung des Cylinders durchbohrt, und zwar in solcher Weise, daß der zu umhüllende Leitungsdraht J gerade die Durchbohrung zwischen den beiden Stücken LL ausfüllt. Weiter oben geht er aber durch ein Rohr K, dessen Durchmesser dem des anzufertigenden Kabels entspricht. Wird nun auf die beiden Stempel ein gleichmäßiger Druck ausgeübt, so tritt ein Cylinder von Guttapercha bei oo aus, der den Leitungsdraht umhüllt und mit diesem gleichmäßig weiterrückt.

Digitized by Google

Aus einzelnen solchen umhüllten Drähten werden dann starke Kabel geflochten, die man außen noch mit einer Hülle von Guttapercha versieht. Auch die submarinen Kabel werden dem Principe nach in der gleichen Weise angefertigt und einzelne derselben liegen schon Jahrzehnte im Weltmeere, ohne der zerstörenden Einwirkung des Salzwassers unterlegen zu sein. Und hier findet wohl die Guttapercha die bedeutenste und wichtigste Verwendung: sie ermöglicht den Gedankenaustausch zwischen Völkern, die durch unergründliche Meere und die halbe Erde getrennt wohnen. — — —

* * *

Zahlreiche, wichtige und nützliche Stoffe werden mit Hilfe chemischer Verfahren aus den Fetten erhalten. Seife und Kerze sind wohl die wichtigsten Repräsentanten derselben, doch auch das Glycerin und die Firnisse sind heute unentbehrliche Substanzen geworden. In allen diesen Stoffen haben wir es aber immer nur mit Verbindungen der drei Elemente Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff zu thun, die sich an dem Aufbaue der im Thier- und Pflanzenreiche gleich weit verbreiteten Gruppe der Fette betheiligen. Aber auch Zucker und Dextrin, Stärke und Cellulose, Alkohol, Essigsäure u. s. w. bestehen aus den gleichen Grundstoffen; wir gewinnen aus diesen Körpern somit neuerdings ein Bild von der Unendlichkeit der Natur, die aus nur drei Baumaterialien mit so verschiedenen Eigenschaften begabte Körper zu schaffen vermag. — — —

Digitized by Google

REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

# Die Verwerthung des Steinkohlentheeres.

Als Goethe in Straßburg weilte, unternahm er, wie er in „Dichtung und Wahrheit“ ausführlich erzählt, im Jahre 1771 mit „zwei werthen Freunden und Tischgenossen, Engelbach und Weyland, beide aus dem unteren Elsaß gebürtig“, aus dem Stegreife eine kleine Reise, die ihn nach Saarbrücken führte. Dort hörte er von den reichen Duttweiler Steinkohlengruben, von Eisen- und Alaunwerken, ja sogar von einem brennenden Berge, und er rüstete sich mit seinen Genossen, diese Wunder in der Nähe zu beschauen.

In der Umgebung Saarbrückens besuchte Goethe verschiedene Fabriken, er wurde durch Vermittlung eines seiner Freunde auch mit dem Chemiker einer Alaunhütte, Stauf, bekannt, dem er einen Besuch abstattete. Die „Residenz des einsiedlerischen Chemikers“ liegt zwischen Bergen und Wäldern; „die Thäler nehmen daselbst sehr mannigfaltige und angenehme Krümmungen, rings umher ist der Boden schwarz und kohlenartig, die Lager gehen häufig zutage aus. Ein Kohlenphilosoph — Philosophus per ignem, wie man sonst sagte — hätte sich wohl nicht schicklicher ansiedeln können“.

„Wir traten vor ein kleines, zur Wohnung nicht übel dienliches Haus und fanden Herrn Stauf, der meinen Freund sogleich erkannte und mit Klagen über die neue Regierung empfing. Freilich konnten wir aus seinen Reden vermerken, daß das Alaunwerk, sowie manche andere wohlgemeinte Anstalt, wegen äußerer, vielleicht auch innerer Umstände die Unkosten nicht trage, und was dergleichen mehr war. Er gehörte unter die Chemiker jener Zeit, die bei einem innigen Gefühle dessen, was mit Naturproducten alles zu leisten wäre, sich in einer abstrusen Betrachtung von Kleinigkeiten und Nebensachen gefielen und bei unzulänglichen Kenntnissen nicht fertig genug dasjenige zu leisten verstanden, woraus eigentlich ökonomischer und mercantilischer Vortheil zu ziehen ist.“



Digitized by Google

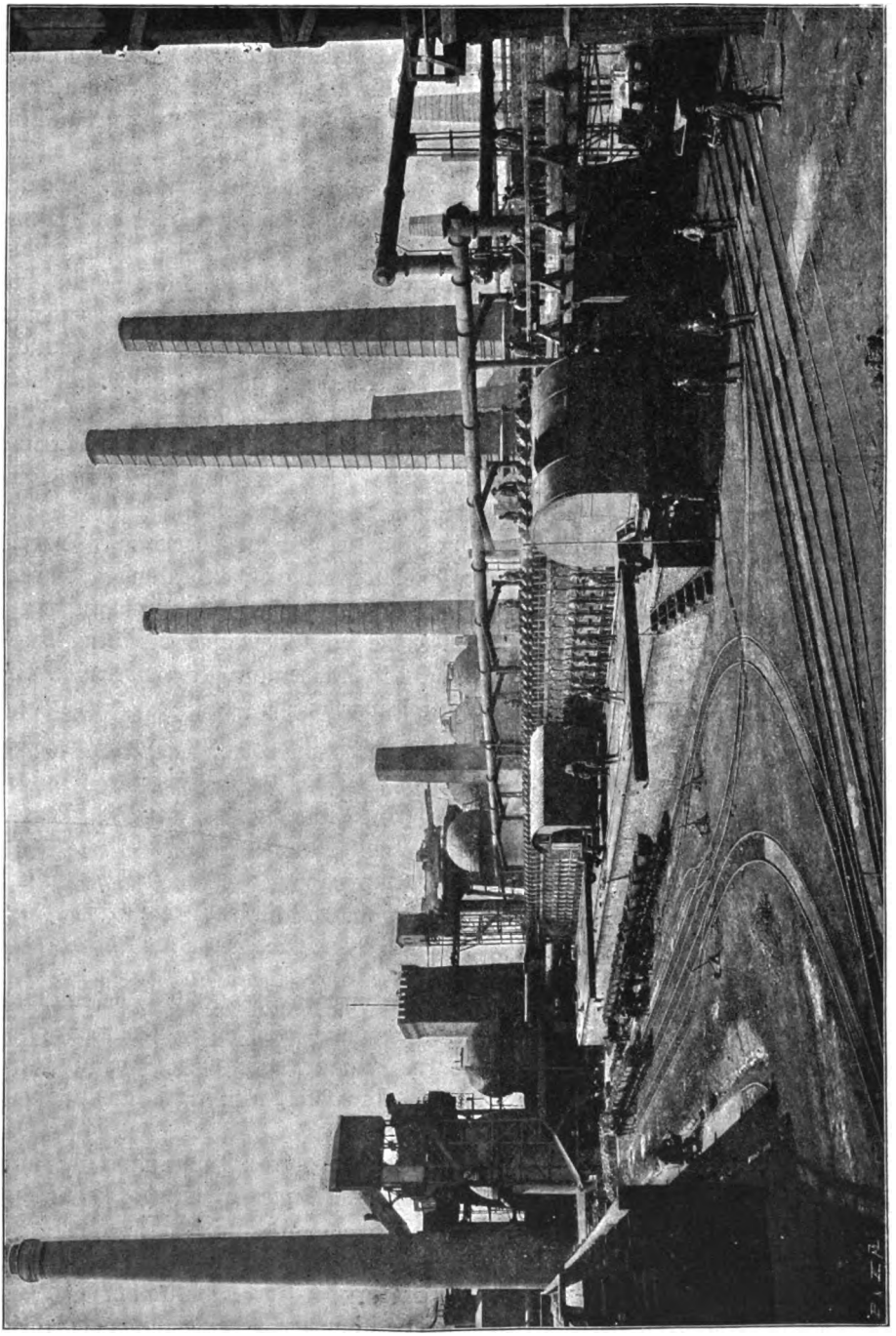
„Bereitwillig und froh, seine Klage einem menschlichen Ohre mitzutheilen, schleppte sich das hagere, abgelebte Männchen in einem Schuh und einem Pantoffel, mit herabhängenden, vergebens wiederholt von ihm heraufgezogenen Strümpfen den Berg hinauf, wo die Harzhütte steht, die er selbst errichtet hat und nun mit großem Leidwesen verfallen sieht. Hier fand sich eine zusammenhängende Ofenreihe, wo Steinkohlen abgeschwefelt und zum Gebrauche bei Eisenwerken tauglich gemacht werden sollten; allein zu gleicher Zeit wollte man Oel und Harz auch zugute machen, ja sogar den Ruß nicht missen, und so unterlag den vielfachen Absichten alles zusammen. Bei Lebzeiten des vorigen Fürsten trieb man das Geschäft aus Liebhaberei, auf Hoffnung; jetzt fragte man nach dem unmittelbaren Nutzen, der nicht nachzuweisen war."

Dieser „Kohlenphilosoph" Stauf war aber einer der Ersten, der sich mit dem Gedanken trug, die Steinkohle zu vercoaken und gleichzeitig auch die theerigen Destillate zu gewinnen. Man verließ aber wieder diesen Gedanken, und der Zustand, in dem Goethe das Laboratorium Stauf's antraf, deutete wohl schon darauf hin, daß man der Sache wenig oder überhaupt keinen Werth beilegte.

Allerdings wurde dies anders, als die Fabrikation des Steinkohlengases eine große Ausdehnung angenommen hatte und der dabei in großen Mengen entstehende Theer den Gasanstalten und ihrer Umgebung so große Schwierigkeiten und Ungelegenheiten verursachte, daß man ernstlich bestrebt sein mußte, diesen mißachteten Abfallstoff in irgend einer Weise zu verwerthen. Heute ist diese Frage gelöst, und zwar gelöst in einer Weise, wie sie genialer, glänzender und bedeutungsvoller nicht hätte gedacht werden können. Die Chemiker, „die sich in einer abstrusen Betrachtung von Kleinigkeiten und Nebensachen gefielen", haben doch den Sieg davongetragen. Sie lehrten, daß der schwarze, übelriechende Theer eine Fülle werthvoller Stoffe birgt. Sie zeigten den Weg, um sie zu isoliren, und Männer, wie A. W. Hofmann, dessen Name auch in fernen Jahrhunderten wird genannt werden, bauten dann auf Grund dieser aus dem Theere gewonnenen Stoffe gewaltige neue Industrien auf, deren Entstehung aber nur in dem Bestreben der modernen Chemie zu suchen ist, jeden Abfallstoff, und sei er noch so unscheinbarer Natur, zu würdigen und zu verwerthen. Hätte der junge Goethe, als er vor den „zusammenhängenden Oefen" Stauf's stand, einen Blick in die Zukunft thun können, hätte sein sonst mit so großer Sehergabe beglücktes Auge ihm die Welt von nützlichen, werthvollen, heilkräftigen und durch ihre Farbenpracht entzückenden Stoffen schauen lassen, die fast ein Jahrhundert später aus dem „Oel und Harz" in gewaltigen Fabriken hervorgehen sollten — sein für alles Gute, Große und Schöne begabtes Herz hätte mächtig geschlagen und er hätte den Mann gepriesen, der sich bemühte, auch einen Baustein herbeizuschleppen, um für die Menschheit neue und werthvolle Güter zu erzeugen.

Die gewaltige und bedeutende Industrie, die sich heute mit der rationellen Verarbeitung des Steinkohlentheeres befaßt, begann sich aber, wie gesagt, erst zu entwickeln, als das Steinkohlengas allgemein Eingang als Leuchtstoff fand. Auch die

Digitized by Google



Ofenanlage zur Gewinnung von Coaks und Theer der „Königshütte" (Preußisch-Schlesien).



Digitized by Google

Coakereien, welche die für die Eisenindustrie unentbehrlichen Coaks liefern, arbeiten heute in solcher Weise, daß bei der Vercoakung, d. i. Erhitzung der Kohle unter Luftabschluß der Theer gewonnen und nutzbar gemacht wird. Zunächst beschränkte man sich darauf, den Theer zu destilliren und einzelne Fractionen nebst dem in der Retorte verbleibenden Pech zur Bereitung eines schwarzen Firnisses zu verwenden. Eine verhältnismäßig große Fabrik, die den Theer nach diesem Verfahren verwerthete, bestand schon im Jahre 1834 bei Manchester. Später nahm Bethell ein Patent auf die Gewinnung von Kreosotölen aus dem Steinkohlentheere, sie dienten zur Imprägnirung von Holz. Dann ging man daran, auch die Fractionen mit niederem Siedepunkte, theils als Leuchtöle, theils als „Fleckwasser" zu verwerthen, man stellte Nitrobenzol (Mirbanöl) dar, überhaupt man begann, dem Theere eine wachsende Aufmerksamkeit zu schenken. Eine eigentliche Industrie, die sich mit der Verarbeitung des Theeres befaßte, begann sich aber erst zu entwickeln, als im Jahre 1856 die Anilinfarben entdeckt wurden. Nun errichtete man eine Theerdestillation nach der anderen, aber auch eine Verbesserung nach der anderen war zu verzeichnen — und heute ist die rationelle Verarbeitung des Steinkohlentheeres auf chemischem Wege die Grundlage großer und blühender Industrien, die aber auch durchaus noch nicht abgeschlossen haben, sondern sich fast von Tag zu Tag weiter ausbilden und an Bedeutung gewinnen.

Die Zusammensetzung des Steinkohlentheeres ist großen Schwankungen unterworfen, je nach der Beschaffenheit der Kohle, die zur Gewinnung des Leuchtgases dient, und dann auch nach dem Ofensysteme, der Temperatur der Retorten u. s. f. Ein in Berlin gewonnener Gastheer enthielt beispielsweise:

| | |
|---|---|
| Benzol und Toluol | 0·8% |
| andere flüssige Kohlenwasserstoffe | 0·6% |
| Phenol | 0·2% |
| Naphtalin | 3·7% |
| Anthracen | 0·2% |
| schweres Oel (aus meist unbekannten Substanzen bestehend) | 24·0% |
| Pech | 55·0%. |

Wenn aber auch die quantitative Zusammensetzung ziemlich bedeutenden Schwankungen unterworfen ist, so gilt dies nicht auch von der Zusammensetzung des Theeres überhaupt und von den darin enthaltenen Stoffen. Immer sind als werthvolle Bestandtheile Benzol, Phenol, Naphtalin, Anthracen und geringe Mengen stickstoffhaltiger Substanzen vorhanden.

Diese Körper brauchen aber nur genannt zu werden, um sofort an ihre Wichtigkeit und gewerbliche Verwendung zu erinnern. Damit ist aber die Bedeutung dieser Stoffe noch durchaus nicht erschöpft. Denn aus jedem derselben kann eine Reihe neuer Körper dargestellt werden, die durch ihre Eigenschaften große Bedeutung für viele Zweige der gewerblichen Thätigkeit, für die Farbenfabrikation und die Textilindustrie, für Pharmacie, Parfumerie, Explosivtechnik, Beleuchtungsindustrie

Digitized by Google

u. s. f. erlangten. So dient das Benzol, das wir strenge von dem bei der Raffination des rohen Erdöles gewonnenen Benzin unterscheiden müssen, als Lösungsmittel für Fette, Harze und ähnliche Stoffe, dann zur Darstellung des Anilins und der Carbolsäure. Das Anilin dient wieder zur Gewinnung der sogenannten Anilin- oder Theerfarben und einiger anderer stickstoffhaltiger Verbindungen, die als Medicamente benützt werden, wie Antifebrin und indirect auch Antipyrin.

Die Carbolsäure oder das Phenol ist bekanntlich ein Desinfectionsmittel; durch chemische Processe entsteht daraus aber die ebenfalls als Conservirungsmittel wichtige Salicylsäure, dann Resorcin und Pikrinsäure, von denen das erstere seinerseits wieder das Ausgangsmaterial zur Darstellung einer langen Reihe von Farbstoffen bildet, während die Pikrinsäure selbst zum Gelbfärben von Seide und Wolle, wie auch zur Anfertigung von explosiven Präparaten verwendet wird. Das Toluol, das gemeinschaftlich mit dem Benzol im Steinkohlentheere vorkommt, liefert das künstliche Bittermandelöl und ebenfalls werthvolle Farbstoffe. Auch das Naphtalin, ein eigenthümlich riechender Körper, den man vielfach — allerdings mit sehr geringem Erfolge — als Schutzmittel gegen Motten verwendet, wird zur Carburirung von Gasen benützt, es liefert aber auch zahlreiche Verbindungen, die ihrerseits wieder der verschiedensten Anwendung fähig sind. Aus dem Anthracen kann künstliches Alizarin und Alizarinblau dargestellt werden, und diese Aufzählung könnte noch lange, fast ins Unendliche ausgesponnen werden, wollten wir alle die zahlreichen Körper nennen, deren Abstammung uns auf Producte zurückführt, die man bei der Destillation des Steinkohlentheeres gewinnt.

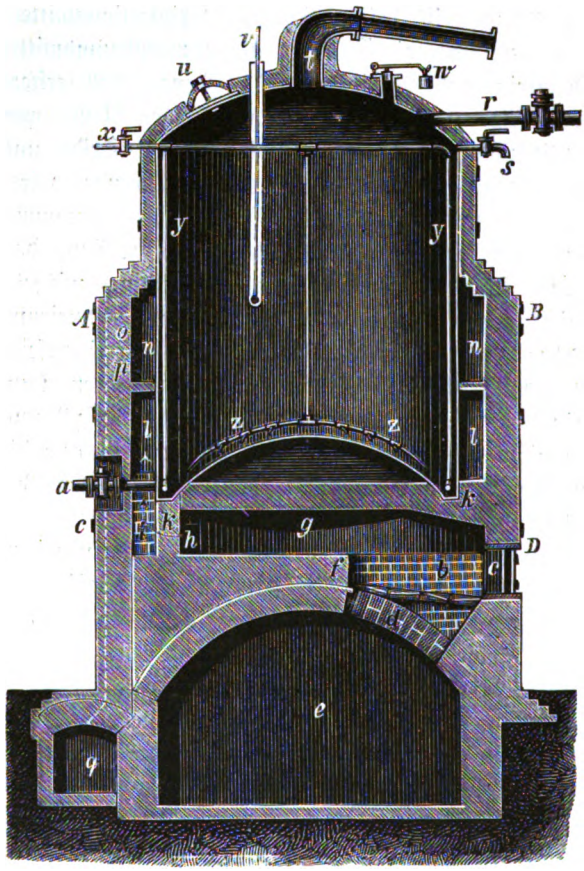
Die Stammsubstanz aller dieser Verbindungen ist das Benzol, eine im reinen Zustande angenehm aromatisch riechende Flüssigkeit, die leichter ist als Wasser, bei 0° zu Krystallen erstarrt und angezündet, mit leuchtender, stark rußender Flamme brennt. Es wurde im Jahre 1825 von Faraday entdeckt, aber erst im Jahre 1848 von Mansfield in reichlicher Menge aus dem Steinkohlentheere isolirt.

Seiner chemischen Zusammensetzung nach ist das Benzol ein Kohlenwasserstoff, und zwar enthält es 6 Atome Kohlenstoff und 6 Atome Wasserstoff. Gleich dem Methan bildet es ebenfalls das Anfangsglied einer Reihe von Verbindungen, die sich voneinander stets durch den Mehrgehalt von 1 Kohlenstoff- und 2 Wasserstoffatomen unterscheiden. Das dem Benzol zunächststehende Glied dieser Reihe, das Toluol, enthält im Moleküle 7 Atome Kohlenstoff und 8 Atome Wasserstoff, das Xylol 8 Kohlenstoff- und 10 Wasserstoffatome u. s. f.

Die 6 Wasserstoffatome des Benzols sind aber durch andere Elemente und Radicale vertretbar. Wir können beispielsweise der Reihe nach ein Wasserstoffatom nach dem anderen durch Brom ersetzen und erhalten dann endlich das Hexabrombenzol, eine Verbindung von 6 Kohlenstoff- mit 6 Bromatomen. An Stelle eines Wasserstoffatomes kann aber auch ein Radical eintreten, es können sich sauerstoff-, wasserstoff- und stickstoffhaltige Verbindungen angliedern, und dadurch ist die große Mannigfaltigkeit der Verbindungen zu erklären, die in letzter Linie vom Benzole abstammen. Endlich können 2 oder mehrere „Benzolkerne“ zusammentreten, es

Digitized by Google

entstehen dann abermals neue Verbindungen, die ihrerseits wieder substituirbaren Wasserstoff enthalten. Wir begegnen deshalb gerade auf diesem Gebiete der organischen Chemie, das man auch als „Chemie der Benzolderivate" bezeichnet, einer fast unendlichen Mannigfaltigkeit, und gerade deshalb müssen wir mit voller Bestimmtheit annehmen, daß hier noch mancher Schatz zu heben ist, den sich die fortschreitende Wissenschaft und die sie auf Schritt und Tritt begleitende und verfolgende chemische Technik gewiß nicht entgehen lassen wird.




Destillirapparat zur Verarbeitung des Steinkohlentheeres. (Verticalschnitt.)

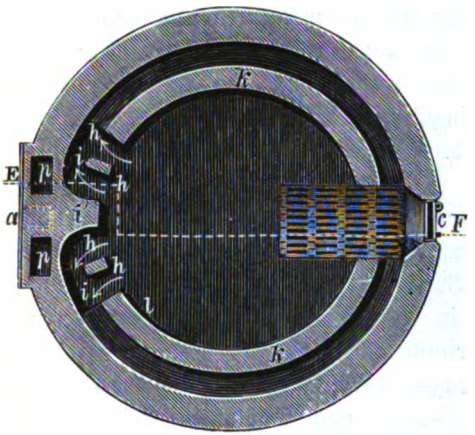
Leider ist das Gebiet der organischen Chemie überhaupt und besonders das der Benzolderivate so spröder Natur, daß wir es uns versagen müssen, näher auf die Einzelheiten, auf die Entstehung der Derivate, auf ihre Constitution u. s. f. einzugehen. Selbst eine flüchtige Streifung durch dieses Feld, auf dem die Chemie als Wissenschaft ihre größten Triumphe gefeiert hat, ist ohne chemische Vorkenntnisse, besonders aber ohne Benützung der chemischen Zeichen- und Formelsprache unmöglich. Es mag daher das hier über diese Körpergruppe Gesagte genügen.

Wir wenden uns nun der rein technisch-chemischen Seite dieser Industrie zu und wollen uns mit der Art und Weise der Verarbeitung des Steinkohlentheeres beschäftigen. Wir folgen dabei in den Hauptzügen einer ausgezeichneten Darstellung von Professor Zeißl.

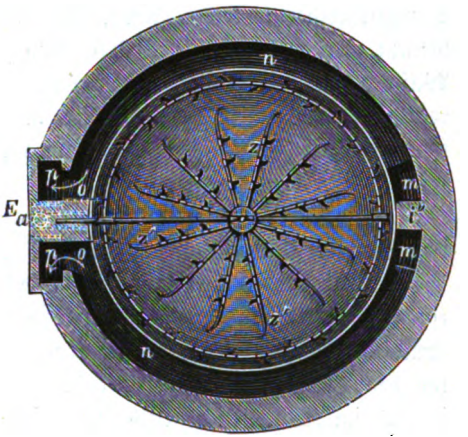
Zunächst handelt es sich darum, die flüchtigeren Bestandtheile des Theeres von den hochsiedenden und nicht flüchtigen zu trennen. Zu diesem Zwecke unterwirft man den Theer der fractionirten Destillation; die obenstehende Abbildung zeigt uns eine gebräuchliche Form des Destillirapparates im Verticalschnitte, der

Digitized by Google

nach der Linie EF des auf dieser Seite dargestellten Grundrisses angefertigt ist. Die aus Kesselblech verfertigte Blase, deren Durchmesser 3 m, deren Höhe 3·5 m beträgt, besitzt einen nach einwärts gewölbten Boden, dessen Krümmung annähernd der Auswölbung des Deckels entspricht. Die Blase ist gewöhnlich nach der Seite des Ablaßhahnes a zu geneigt eingemauert, durch diesen Hahn kann das nach Beendigung der Destillation hinterbleibende Pech, das in der Wärme flüssig ist, entleert werden. Falls man festes Brennmaterial verwendet, so erfolgt die Feuerung von dem Roste b aus, verwendet man dagegen, wie dies nicht selten geschieht, den werthlosen Theil des Theeres zur Heizung, so muß die Feuerungsanlage dementsprechend abgeändert werden; c ist die Thür, die zum Feuerraume führt. Der Aschenfall steht durch die Oeffnung d mit einem großen überwölbten Canale e in




Horizontalschnitt durch einen Theerdestillationsapparat in der Höhe der Feuerung.




Horizontalschnitt durch einen Theerdestillationsapparat in der Höhe des Kesselbodens.

Verbindung, der die Feuerräume einer größeren Anzahl von Blasen verbindet und von beiden Enden der Reihe aus behufs Entleerung zugänglich ist. Die Flamme schlägt über die Feuerbrücke f unter dem Gewölbe g hin, das den Boden der Blase vor der directen Berührung mit der Flamme schützt. Die Flamme zieht dann durch die Füchse h weiter in zwei verticale Canäle i (siehe den Grundriß oben links), so daß auch der Mantel der Blase erwärmt wird. Der Pfeiler i' zwischen den Canälen i zwingt die Feuergase sich nach beiden Seiten zu theilen, um im Ringcanale l um die Blase herumzugehen und vorne durch den Pfeiler i'' an der Vereinigung gehindert, durch die Füchse m in den oberen Ringcanal n zu treten, abermals nach hinten zu gehen und durch o in die senkrechten Schächte p und von da nach der Hauptesse zu entweichen. Die Blase ist auch oberhalb der Ringcanäle bis zum absteigenden Theile des Helmes mit Mauerwerk umgeben, um die Abgabe von Wärme nach außen nach Möglichkeit einzuschränken. Die Blasen stehen entweder ganz im Freien, oder sie sind nur von einem leichten Bretterdache über-

Digitized by Google

deckt. Falls eine Explosion oder ein Brand eintritt, ist er dann weit weniger gefährlich, wie wenn sich die Blasen in einem massiven Gebäude befinden.

Das mit einem Schieberventile versehene weitlumige Gußeisenrohr r, das während des Ganges der Destillation geschlossen ist, führt den Theer aus einem hochstehenden Reservoire der Blase zu. Man läßt ihn bei offenem Ueberlaufhahne r so lange einfließen, bis bei s Flüssigkeit auszutreten beginnt, dann wird s und r geschlossen.

Die Dämpfe werden durch den eisernen Helm t, an den sich ein gleich weites, zum Kühlbottiche führendes Eisenrohr anschließt, abgeleitet; bei u befindet sich ein durch einen aufschraubbaren Deckel verschließbares Mannloch, zum Zwecke der Reinigung der Blase. w ist ein Sicherheitsventil, v eine dicht sitzende Eisenröhre, die, in ihrem unteren Theile mit Eisenfeilspähnen gefüllt, zur Aufnahme eines Quecksilberthermometers dient, das aber nur bei Temperaturen unterhalb 350° benützt werden kann. Durch das Rohrsystem xyz wird gegen Ende der Destillation Wasserdampf eingeleitet. Er strömt durch den Hahn x und durch die drei senkrechten Arme y, zy, zum Theile in die ringförmige Röhre, zum Theile in die sternförmigen Verzweigungen z' am Boden der Blase, und tritt dort durch zahlreiche kleine Oeffnungen in den Theer ein.

Der Condensationsapparat für die Dämpfe unterscheidet sich nur unwesentlich von anderen Vorrichtungen mit der gleichen Bestimmung. Er besteht aus einem Schlangenrohre aus Metall, das in einem Bottiche liegt, der mit einem Zu- und einem Ablaufe für das Kühlwasser versehen ist. Wenn in einem fortgeschritteneren Stadium der Destillation feste Kohlenwasserstoffe überzugehen beginnen, so wird, um der Verstopfung des Kühlrohres vorzubeugen, der Wasserzulauf abgesperrt und in das im Kühlbottiche enthaltene Wasser überdies noch Dampf eingeleitet. Die schwerer flüchtigen Substanzen, die während dieses Stadiums der Destillation übergehen, condensiren sich zwar in der in der geschilderten Weise warm gehaltenen „Kühlröhre", erstarren aber nicht.

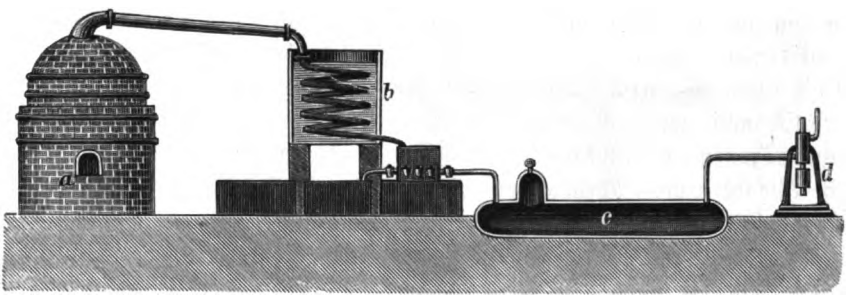
Die erste Fraction, die bis 100°, besser aber bis 110° geht, ist nicht unähnlich dem Ammoniakwasser der Gasfabriken. Sie besteht aus Wasser mit darauf schwimmenden öligen Substanzen, enthält aber auch alle leicht siedenden Bestandtheile des Theeres, wie Benzol, Toluol u. s. f. Dann wird die Vorlage, in der sich das Destillat ansammelt, gewechselt, und als zweite Fraction oder „Leichtöl" der bis 210° übergehende Antheil gesammelt. Die dritte Fraction oder das „Carbolöl" geht bis 240°, die vierte, das „Schweröl" oder auch „grünes Oel" genannt, bis 270° und das „Anthracenöl" oberhalb 270° über.

Das Ende der Destillation richtet sich ganz nach der gewünschten Beschaffenheit des Destillationsrückstandes. Treibt man die Destillation nur so weit, daß man die Hälfte des Schweröles abdestillirt, so erhält man als Rückstand ein weiches Pech. Läßt man noch das erste Anthracenöl übergehen, so gewinnt man mittelweiches, und wenn man die Destillation noch erheblich weiter treibt, hartes Pech. In diesem letzten Stadium der Destillation muß, um sie zu befördern, entweder

Digitized by Google

durch die erwähnte Vorrichtung überhitzter Wasserdampf in den Inhalt der Blase geleitet werden, oder man setzt die Destillation im Vacuum fort, wobei sie dann erheblich leichter von Statten geht. In diesem Falle besitzt der Apparat die durch die untenstehende Abbildung veranschaulichte Einrichtung. Mit dem Kühlbottiche b ist der große theilweise in der Erde liegende Kessel c luftdicht verbunden, aus ihm wird mit Hilfe einer Luftpumpe d die Luft und gleichzeitig die bei der Destillation auftretenden Gase ausgesogen. Im Anfange wird unter gewöhnlichem Luftdruck destillirt und erst zuletzt das Vacuum angewendet. In c sammelt sich dann das Anthracenöl als eine butterartige Masse an.

Ist die Destillation beendet, so muß der Rückstand, das Hartpech, abgelassen werden, so lange es noch heiß und geschmolzen ist. Dies muß aber mit großer Vorsicht geschehen, da die Masse eine große Menge leicht entzündlicher Dämpfe ausstößt. Zur Vermeidung eines Brandes läßt man es daher in geschlossene Pech-




Vorrichtung zur Destillation des Theeres im Vacuum.

kammern laufen, wo es so lange verbleibt, bis es keine Dämpfe mehr abgiebt, dann wird es, so lange es noch flüssig ist, in offene Pechgruben abgelassen.

Die einzelnen Fractionen sind aber durchaus keine einheitlichen Körper, sondern Gemenge, und behufs Gewinnung der einzelnen technisch wichtigen Bestandtheile in reinerem Zustande muß jede Fraction einer besonderen Behandlung unterzogen werden.

Der Vorlauf, der die flüchtigen Bestandtheile des Theeres, namentlich Benzol, Toluol und die höheren Homologen enthält, wird einer doppelten Reinigung unterworfen, und zwar zunächst durch die Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure und mit Alkalien, dann durch neuerliche fractionirte Destillation. Die Schwefelsäure löst oder verändert zahlreiche Verunreinigungen, sie scheiden sich nach Verlauf einiger Stunden am Boden des Gefäßes als gefärbte Schicht ab, die abgelassen wird. Durch wiederholtes Waschen mit Wasser werden auch die letzten Antheile der Säure entfernt. Die nun folgende Waschung mit Natronlauge hat den Zweck, alle Phenole und sauren Körper zu lösen. Schließlich wird neuerdings wiederholt mit Wasser gewaschen und das Waschwasser sorgfältig von dem hinterbleibenden, nun schon wesentlich reinerem Gemenge von Kohlenwasserstoffen geschieden.

Digitized by Google

Zur Gewinnung der Endproducte durch fractionirte Destillation bedient man sich jetzt sehr vervollkommneter Apparate, die auf dem uns schon bekannten Principe der Dephlegmation beruhen. Gegenwärtig sind zwei Systeme im Gebrauche, das Savalle'sche und Siemens'sche. Es genügt vollständig, wenn wir eines dieser Systeme kennen lernen, wir wählen die Destillation des gereinigten Vorlaufes mit dem Savalle'schen Apparate.

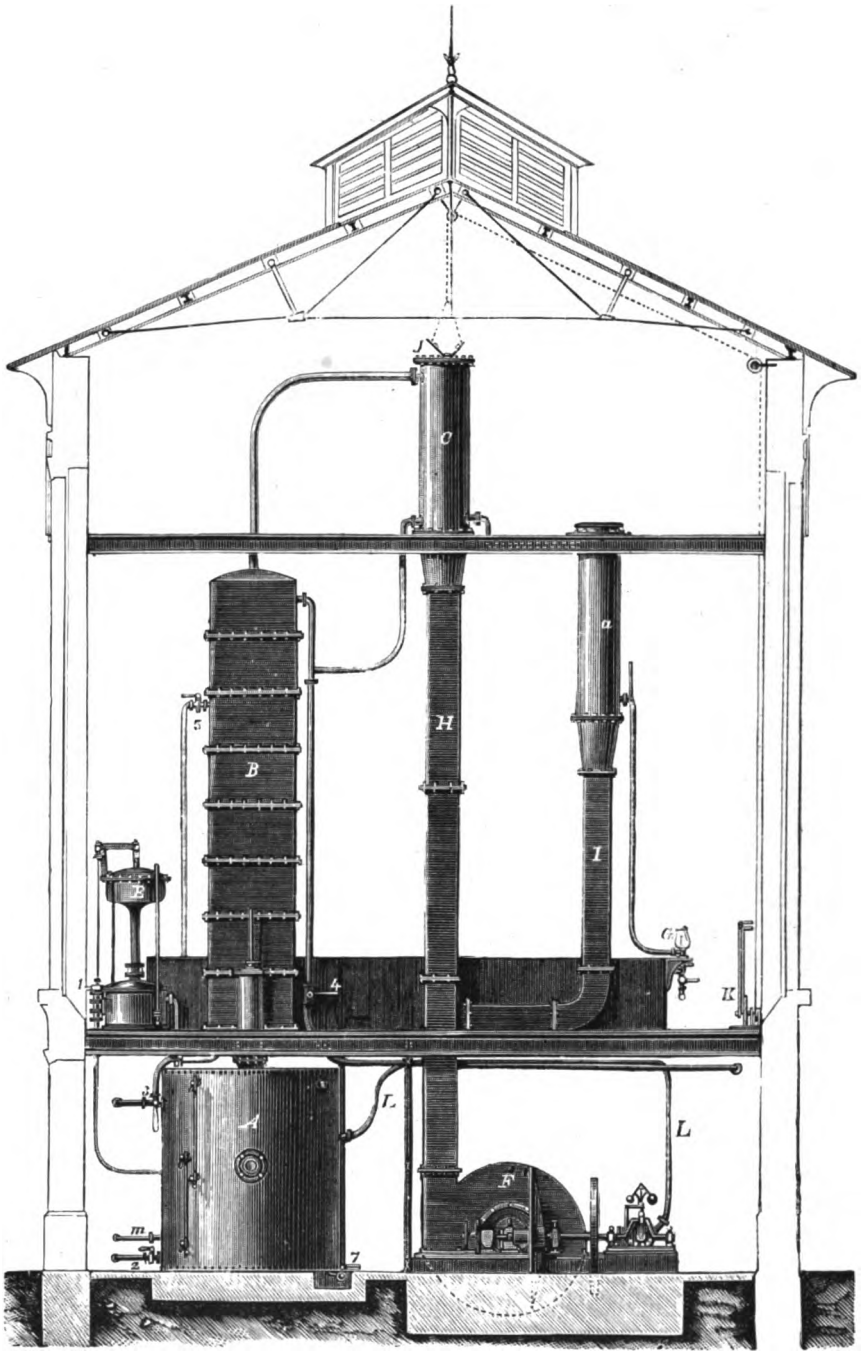
Die Abbildung auf Seite 827 veranschaulicht eine Destillationsanlage dieser Art. A ist die Destillirblase, die mit indirectem Dampfe geheizt wird. Das Zuströmen von überhitztem Dampf und damit gleichzeitig die Schnelligkeit der Destillation wird automatisch durch die Wirkung des Druckes der Kohlenwasserstoffdämpfe in der Blase auf den Regulator E geregelt. B ist die Savalle'sche Colonne, in die der vom Destillirgefäße kommende Dampf unten eintritt.

Die Abbildung auf Seite 828 veranschaulicht die Einrichtung dieser Colonne. Wir sehen, daß sie von durchlöcherten Scheidewänden durchsetzt ist, deren jede eine Vertiefung auf der einen und ein Ueberlaufrohr auf der anderen Seite besitzt. Das beiderseits offene und 5 cm über die Siebplatte reichende Ueberlaufrohr reicht bis in die Vertiefung der nächsten, tieferliegenden Scheidewand. Der Kohlenwasserstoffdampf gelangt zunächst durch b in das Uebersprizgefäß a, wo übergespritzte Tropfen zurückbleiben, und dann in die tiefste Kammer der Colonne. Durch Abgabe eines Theiles der Wärme des Dampfes an die Colonnenwände verflüssigt sich hier ein kleiner Theil der Kohlenwasserstoffe mit höherem Siedepunkte. Der nicht condensirte Dampf strömt durch die Löcher der nächsten, höher liegenden Scheidewand in die zweite Kammer. Die Weite der Löcher ist so gewählt, daß der durchströmende Dampf die in der zweiten Kammer verdichtete Flüssigkeit am Zurückfließen verhindert. Sie erfüllt bald die Vertiefung der Scheidewand und sperrt so die untere Mündung des Ueberlaufrohres gegen oben hin ab. Ist die Höhe der Flüssigkeitsschicht über 5 cm angewachsen, so fließt sie durch das Ueberlaufrohr in die tiefer liegende Kammer und von da in die Blase zurück; der gleiche Vorgang wiederholt sich in allen anderen Abtheilungen der Colonne. Wenn die Destillation im vollen Gange ist, so passirt der Dampf nacheinander durch die Sieblöcher die Flüssigkeitsschichten in den einzelnen Abtheilungen und steigt so, seine leichter condensirbaren Antheile als Flüssigkeit zurücklassend, stufenweise bis in die höchste Kammer, von da gelangt er durch ein Rohr in den ersten Kühlapparat C.

Die in C durch Verdichtung entstehende Flüssigkeit läßt man wieder in die Blase zurücklaufen, der Dampf dagegen gelangt in den zweiten Condensator a, wird hier vollständig verflüssigt und fließt in die Vorlage, die wir uns bei G zu denken haben, ab. Die durch unsere Abbildung veranschaulichte Anlage ist so eingerichtet, daß zur Kühlung in C und a bloß ein Luftstrom benützt wird, den der Ventilator F erzeugt und den Kühlern durch die Schläuche H und I zuführt.

Einen Durchschnitt durch den erwähnten Regulator für den Wasserdampf zeigt die Abbildung auf Seite 828. Er besteht aus einem unteren Gefäße A, das,

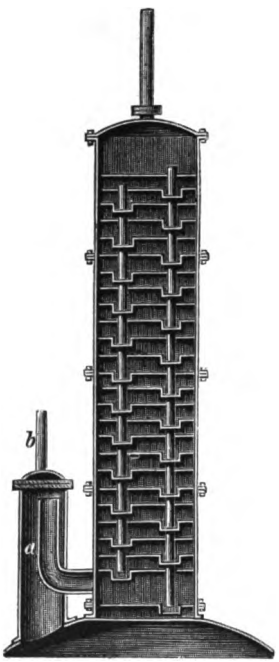
Digitized by Google



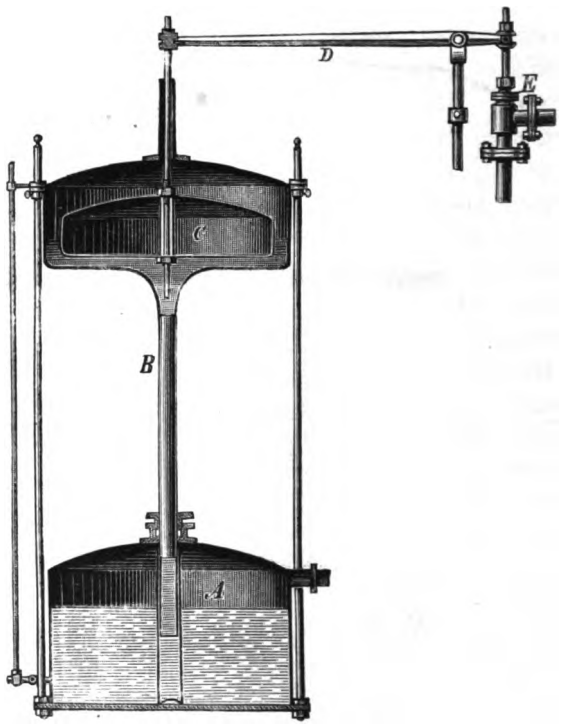

Savalle'scher Apparat zur Destillation der niedrig siedenden Antheile des Steinkohlentheeres.

Digitized by Google

theilweise mit Wasser gefüllt, durch die bis auf den Boden reichende Röhre mit dem oberen Gefäße communicirt. In diesem befindet sich ein hohler Schwimmkörper C, der, je nachdem in das obere Reservoir mehr oder weniger Wasser gelangt, durch den Hebel D ein Kegelventil in der Dampfröhre bei E mehr oder weniger öffnet und unter Umständen ganz schließt. Der Wasserstand im oberen Reservoire wird durch den in der Blase herrschenden Dampfdruck, der sich durch ein Rohr nach A fortpflanzt, beeinflußt. Siedet die Flüssigkeit in der Blase zu




Colonne des Savalle'schen Apparates. (Durchschnitt.)




Schnitt durch den Wasserdampfregulator des Savalle'schen Apparates.

heftig, so steigt der Dampfdruck und das Wasser wird durch B nach oben gedrückt. Der Schwimmer steigt, das Wasserdampfventil wird gedrosselt, das Zuströmen des Dampfes wird geringer und das Sieden läßt nach. Siedet dagegen der Inhalt der Blase nur schwach, so findet der umgekehrte Vorgang statt.

Der Luftstrom in den Condensatoren C und a wird in der Weise regulirt, daß anfangs nur der flüchtigste Kohlenwasserstoff nach a gelang und sich dort verdichtet, beispielsweise das Benzol. Nach einiger Zeit, wenn nur mehr sehr wenig Benzol in der Blase und in der Colonne vorhanden ist, wird die Destillation nach und nach schwächer und hört endlich ganz auf, sie kommt aber neuerdings

Digitized by Google

in Gang, wenn man in C schwächer kühlt. Man fängt nun eine kleine, aus einem Gemenge des flüchtigsten und des nächstweniger flüchtigen Kohlenwasserstoffes bestehende Fraction, beispielsweise Benzol und Toluol, auf, worauf dann sehr bald der minder flüchtige Körper in reiner Form destillirt, in unserem Falle Toluol. Ist die Gesammtmenge des Toluols übergegangen, so verlangsamt sich die Destillation neuerdings u. s. f. Reines Benzol siedet bei 80·6° C., Toluol bei 111°, die Xylole etwa bei 139° u. s. f.

Auf diese Weise ist man aber nicht im Stande, vollständig reines Benzol, Toluol u. s. f. darzustellen. Man erhält immer nur Gemenge, die, je nach dem Siedepunkte, mehr von dem einen oder dem anderen Bestandtheile enthalten. Für die meisten technischen Zwecke sind sie jedoch geeignet und genügend rein. Sollen dagegen chemisch reine Producte erzielt werden, so müssen die einzelnen Fractionen noch besonderen Verfahren unterzogen werden. So reinigt man beispielsweise das Benzol durch Gefrierenlassen und Trennung der Krystalle durch Abpressen von der Mutterlauge.

Die in der geschilderten Weise gewonnenen Endproducte kommen unter den folgenden Bezeichnungen im Handel vor: 90%iges Benzol, Siedepunkt 82 bis 100°, 50%iges Siedepunkt 88 bis 93°; Toluol von 100 bis 120°, Carburirungsnaphta von 110 bis 149°. Auflösungs-(Solvent-)Naphta, die vorzugsweise zur Herstellung von Kautschuklösungen und der Extraction von Fetten verwendet wird, Siedepunkt 110 bis 149°, Brennnaphta von 140 bis 170° C. Die 90- bis 40%igen Benzole des Handels werden fast ausschließlich zur Fabrikation der Theerfarben und ähnlicher Producte benützt. Die Verwendung der anderen Handelssorten ergiebt sich aus ihren Benennungen.

Schon die zweite Fraction, das Leichtöl, das gewöhnlich mit der ersten zusammen in der geschilderten Weise verarbeitet wird, enthält beträchtliche Mengen Phenol (Carbolsäure) und ähnliche Verbindungen. Die Phenole werden durch die Behandlung des Leichtöles mit Natronlauge gelöst und scheiden sich aus der abgezogenen alkalischen Flüssigkeit auf Zusatz verdünnter Schwefelsäure in Form eines dunklen, dicken Oeles ab, das bei weiterer Verarbeitung und Reinigung endlich krystallisirte Carbolsäure liefert. Das von der Natronlauge ungelöste Oel wird auf Naphtalin verarbeitet.

Noch größere Mengen dieser beiden Körper sind aber in der Fraction enthalten, die wir als „Carbolöl" bezeichnet haben. Wenn daher der Gewinnung von Carbolsäure und Naphtalin besonderer Werth beigelegt wird, so ist es zweckmäßiger, an Stelle der beiden Fractionen „Leichtöl" und „Carbolöl" nur eine Fraction, das „Mittelöl", die zwischen 170 und 250° siedet, aufzufangen und sie durch nochmalige Destillation in einen zwischen 170 und 210° und einen höher siedenden Antheil zu zerlegen. Dieser kommt dann zum „Schweröl", während der bei niederer Temperatur siedende Antheil als „rohes Creosotöl" zur Phenolgewinnung verwendet wird.

Das Phenol enthält außer Kohlenstoff und Wasserstoff auch noch Sauerstoff, und zwar ist ein Wasserstoffatom des Benzols durch eine Atomgruppe, bestehend

Digitized by Google

aus je einem Atome Sauerstoff und Wasserstoff, ersetzt. Dieses Wasserstoffatom kann aber gegen Metalle ausgetauscht werden, und darauf beruht die Löslichkeit der Carbolsäure in Natronlauge; es entsteht das Natriumsalz der Carbolsäure, Phenolnatrium. In der gleichen Weise nun, wie wir beispielsweise aus essigsaurem Kalk durch Behandlung mit Schwefelsäure die Essigsäure in Freiheit setzen können, zerlegt auch die Schwefelsäure das Phenolnatrium, wobei schwefelsaures Natrium und freies Phenol, Carbolsäure, entsteht.

Die durch Schwefelsäure abgeschiedene Rohcarbolsäure kommt schon in dieser Form in den Handel und wird als billiges, aber oft recht minderwerthiges Desinfectionsmittel benützt, da der Gehalt an Carbolsäure häufig sehr gering ist. Man thut daher besser, zu Desinfectionszwecken reine Carbolsäure zu verwenden. Sie wird durch fractionirte Destillation gewonnen, man erhält ein zwischen 175 und 185° siedendes Oel, das bei niederen Temperaturen leicht zu einer Krystallmasse erstarrt, die durch Abpressen vollständig gereinigt wird.

Das reine Phenol, gewöhnlich „reine Carbolsäure" genannt, ist eine farblose, krystallinische Masse, die zwischen 40 und 41° schmilzt. Schon geringe Mengen von Verunreinigungen oder Feuchtigkeit drücken aber den Schmelzpunkt bedeutend herab, mitunter so sehr, daß das Präparat schon bei gewöhnlicher Temperatur flüssig ist und bleibt. Im concentrirten Zustande ruft Carbolsäure auf die Haut gebracht, böse Aetzwunden hervor, man muß also bei der Anwendung stets sehr vorsichtig sein, und darf höchstens 1- bis 2%ige Lösungen zur Desinfection von Wunden verwenden. Größere Mengen auf ausgedehnte Wundflächen gebracht, rufen direct Vergiftungserscheinungen, die man in ihrer Gesammtheit als „Carbolismus" bezeichnet, hervor, besonders kleine Kinder sind sehr empfindlich gegen diesen so wichtigen Körper.

Während man die rohe Carbolsäure als Desinfectionsmittel, als Conservirungsmittel für Bauholz, Eisenbahnschwellen u. s. f. verwendet, wird die reine Verbindung zur Darstellung der Salicylsäure und zur Gewinnung einer großen Anzahl von Farbstoffen, wie Pikrinsäure, Corallin, Rosolsäure, Rosolblau, Phenylbraun u. s. f. benützt.

Läßt man Kohlensäure auf Phenolnatrium einwirken, so verbindet sie sich mit dem Natrium zu kohlensaurem Salz und setzt das Phenol in Freiheit. Behandelt man dagegen Phenolnatrium bei Temperaturen zwischen 200 und 250° unter Druck mit Kohlensäure, so betheiligt sie sich an der Bildung eines neuen Körpers, des salicylsauren Natriums, das einerseits selbst in der Arzneikunde Verwendung findet, andererseits zur Darstellung der Salicylsäure dient.

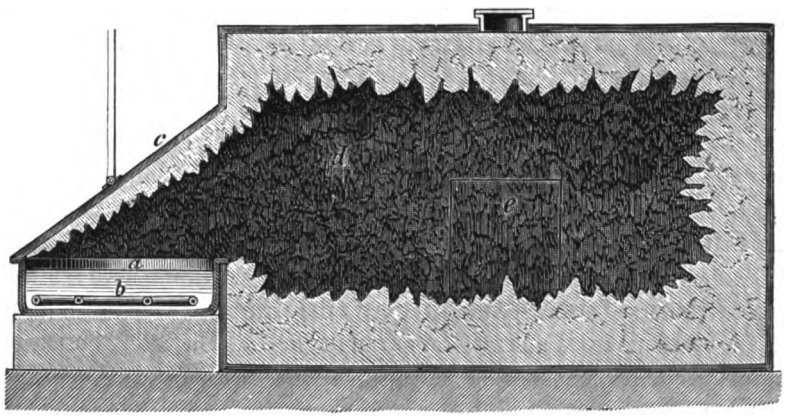
Wir kehren nun zur Verarbeitung des Steinkohlentheeres zurück.

Wie wir erwähnten, besteht jener Theil des Carbolöles, der sich in Natronlauge nicht löst, aus Naphtalin. Das Naphtalin ist ein Kohlenwasserstoff der aromatischen Reihe, den wir uns durch Zusammentritt von zwei Molekülen Benzol unter gleichzeitigem Austritte von zwei Atomen Kohlenstoff und vier Atomen Wasserstoff entstanden denken können.

Digitized by Google

Aus dem in Natronlauge unlöslichen Theile des Carbolöles kann dieser Kohlenwasserstoff leicht durch Destillation isolirt werden. Vorerst geht noch etwas leicht flüssiges Destillat über, dann aber Naphtalin, das schon in der Kühlschlange erstarren würde, sorgte man nicht durch Einleiten von Dampf für die Erwärmung des Kühlwassers. Das auf diese Weise gewonnene Rohnaphtalin wird zum Zwecke der Reinigung mit 5 bis 10% concentrirter Schwefelsäure und etwas Braunstein erhitzt, mit Wasser und Natronlauge gewaschen und nochmals destillirt oder sublimirt.

Zur Sublimation im großen Maßstabe bedient man sich des durch die untenstehende Abbildung veranschaulichten, sehr einfachen Apparates. a ist eine eiserne Pfanne von circa 6000 l Inhalt, durch die auf ihrem Boden liegende Schlange b wird gespannter Wasserdampf geleitet. Die Pfanne ist mit einem




Apparat zur Sublimation des Naphtalins.

hölzernen Dache c bedeckt, dessen unterer Theil sich zurückklappen läßt. Daran schließt sich eine hölzerne Kammer d von 20 bis 25 m³ Inhalt, die mit einer Einfahrtsthüre e und einer Sicherheitsklappe im Deckel versehen ist. Durch die von der Dampfschlange ausgehende Hitze wird das Naphtalin zur Sublimation gebracht. Der Naphtalindampf tritt in die große Kammer über und verdichtet sich an ihren Wänden in Form weißer Krusten.

Das Naphtalin spielt ebenfalls in der Farbenindustrie eine bedeutende Rolle. Es dient zur Herstellung rother, gelber, violetter und blauer Farbstoffe, wie Sedanroth, Martiusgelb, Tropäolin, Croceinscharlach, Bibricher Scharlach u. s. f.

Die dritte Fraction, die bei der Destillation des Steinkohlentheeres gewonnen wird, ist das „Schweröl". Durch Rectification desselben, d. h. durch abermalige Destillation erhält man daraus noch etwas Carbolöl als den am niedrigsten siedenden Antheil, und Anthracen, dessen Siedepunkt am höchsten liegt. Meist wird

Digitized by Google

aber das Schweröl direct zur Erzeugung von Leuchtgasen, als Heizmaterial und zu Beleuchtungszwecken, endlich als Imprägnirungsmittel für Holz benützt.

Behufs Erzeugung von Leuchtgas läßt man das Oel im dünnen Strahle in rothglühende Retorten fließen, wobei es eine Zersetzung in Kohle und flüchtige Stoffe erleidet, von denen ein Theil bei gewöhnlicher Temperatur gasförmig ist und wie Steinkohlengas verwendet wird. Ein anderer Theil verdichtet sich aber und ist zur Gewinnung von Benzol geeignet, denn durch die Hitze erleiden zahlreiche Bestandtheile des Schweröles Veränderungen, wobei sie sich unter Abspaltung von Kohlenstoff und gasförmigen Producten in einfachere Verbindungen zerlegen.

Soll mit Schweröl, wie dies mitunter geschieht, geheizt werden, so wird es mittelst eines Dampfstrahles, der gleichzeitig die zur Verbrennung nöthige Luft mitreißt, im Feuerungsraume zerstäubt und in dieser Form verbrannt. In ähnlicher Weise gelangt es auch in den Dampfstrahlöllampen zur Verbrennung. Diese Lampen, die allerdings nur im Freien benützt werden können, und eine hohe, brausende Flamme erzeugen, geben bei einem Verbrauche von 1 kg Oel pro Stunde ein Licht von 180 Kerzen Stärke.

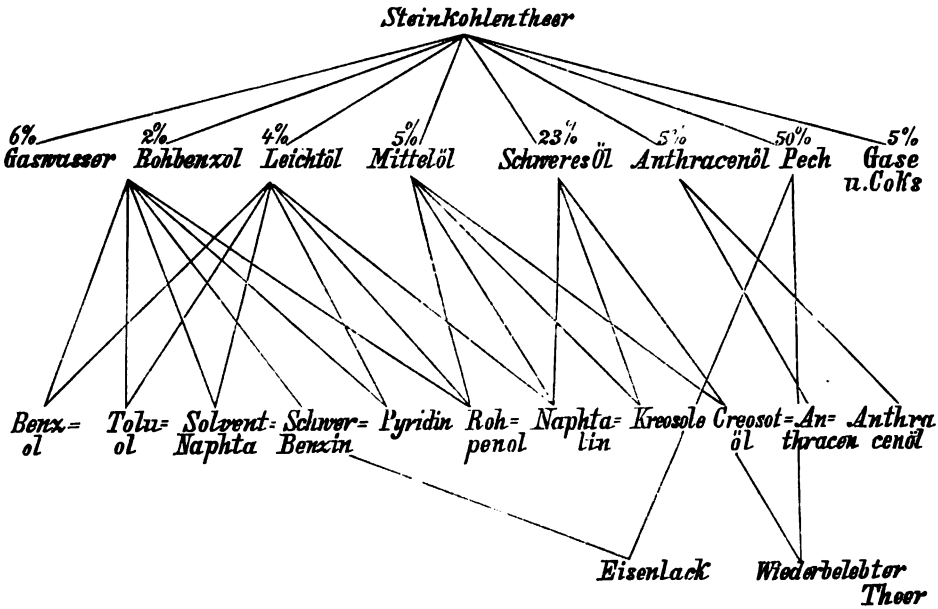
Der auf das Schweröl folgende Destillationsantheil des rohen Theeres, der oberhalb 270° bis zur Beendigung der Destillation übergeht, enthält als wichtigsten Bestandtheil das Anthracen, einen gleichfalls zu den Benzolderivaten gehörenden Kohlenwasserstoff. Diese Fraction erstarrt zum Theile bei der Abkühlung und der feste Antheil, durch Pressen von dem flüssigen getrennt, wird entweder als Rohanthracen in den Handel gebracht, oder noch einer weiteren Reinigung durch Waschen mit Auflösungs-(Solvent-)Naphta unterworfen. Diese löst vorwiegend das den Anthracenkrystallen anhängende flüssige Oel und einen anderen Körper, der zwar die gleiche Zusammensetzung besitzt wie das Anthracen, aber mit anderen Eigenschaften begabt ist: das Phenanthren. In diesem Zustande enthält das Product kaum mehr wie 50% Anthracen, der Rest ist Paraffin neben kleinen Mengen aromatischen Kohlenwasserstoffen mit großem Kohlenstoffgehalte, wie Pyren, Chrysen, Reten, Fluoren, Fluoranthen u. s. f. Die Gewinnung von reinem Anthracen aus dieser paraffinhaltigen Masse ist aber eine sehr umständliche Operation. Sie beruht hauptsächlich auf der Anwendung solcher Lösungsmittel, die wohl die fremden Beimengungen, nicht aber das Anthracen auflösen.

Das Anthracen bildet im reinen Zustande geruch- und geschmacklose Blättchen mit schön violettem Farbenspiele. Besonders wichtig ist dieser Körper dadurch, daß er das Ausgangsmaterial für die Darstellung des künstlichen Alizarins bildet, das mit dem färbenden Principe der Krappwurzel, dem Krapproth identisch ist.

Das Pech, das nach dem Abtreiben des Anthracenöles in der Blase hinterbleibt und nach theilweiser Abkühlung und unter den entsprechenden Vorsichtsmaßregeln gegen Entzündung abgelassen wird, ist, je nachdem man die Destillation früher beendet oder weiter trieb, weich oder hart. Da man heute aber großen Werth darauf legt, eine nach Möglichkeit große Menge Anthracen zu gewinnen,

Digitized by Google

arbeitet man fast ausschließlich auf Hartpech und ertheilt ihm dann durch Zumischen entsprechender Mengen des geringwerthigen Schweröles jeden beliebigen Grad von Weichheit. In dieser Form kommt es als künstlicher Asphalt, als Ersatzmittel für den natürlichen, in den Handel. Dieser Theerasphalt läßt sich durch Zusammenschmelzen mit Schwefel wesentlich verbessern. Er wird zur Herstellung von Straßenpflaster, zur Fabrikation von Asphaltpapier als Ersatz für Wachs- oder Paraffinpapier, zur Herstellung von Asphaltröhren, bestehend aus Papier, Asphalt und Sand, zur Fabrikation von Briquettes aus Kleinkohle oder Coakspulver, als Reductionsmittel an Stelle der Kohle, und endlich zur Her-




Schema der Verarbeitung des Steinkohlentheeres. (Nach Kissel.)

stellung von schwarzen Lacken, die ihrer Verwendung wegen als „Eisenlacke" bezeichnet werden, verwendet. Den ordinärsten Asphaltlack stellt man durch Zumischen einer passenden Menge Schweröl zu geschmolzenem Pech her. Dieses, unter dem Namen „präparirter Theer" bekannte Fabrikat ist nicht nur viel billiger, wie der zu ähnlichen Zwecken benützte Rohtheer, da er ja nur die minder werthvollen Antheile desselben enthält, sondern auch für viele Zwecke viel brauchbarer. Er dringt schneller und tiefer in Holz, Stein u. dgl. ein wie roher oder durch Kochen entwässerter Steinkohlentheer, und trocknet auch rascher wie dieser. Will man jedoch feineren Asphaltlack herstellen, so wird Theerpech in Leichtöl oder Naphta gelöst, die zuvor mit Natronlauge gereinigt wurde.

Aber auch der rohe Steinkohlentheer wird, wenn auch heute immer seltener, zu verschiedenen Zwecken benützt. So dient er als Heizmaterial, zur Gasbereitung,



Digitized by Google

als Anstrich für Baumaterialien, zur Fabrikation von Dachpappe und Holzcement, zur Rußbereitung und zu Desinfectionszwecken. Da es aber entschieden vortheilhafter und auch national-ökonomisch richtiger ist, zunächst die im Theere enthaltenen werthvollen Bestandtheile zu gewinnen und aus dem zurückbleibenden Pech durch Verdünnen mit den billigen Schwerölen einen Theer zu regeneriren, der sich für viele Zwecke oft besser eignet wie das rohe Product, so geht der directe Verbrauch an Theer zu den genannten Zwecken von Jahr zu Jahr zurück, und an seine Stelle tritt der präparirte oder regenerirte Theer.

Dies ist in großen Zügen der Vorgang, den man heute zur rationellen Verarbeitung des Steinkohlentheeres anwendet. Zahlreiche und für die Industrien ungemein wichtige Stoffe werden dabei gewonnen; die Verarbeitung selbst ist ein durchaus nicht einfacher Vorgang. Zur Verdeutlichung desselben geben wir auf Seite 833 noch eine von Kissel herrührende Uebersicht über die Ergebnisse der Rohdestillation und der weiteren Verarbeitung zu technischen Handelsproducten.

Der hohe Werth, den die Producte der Destillation des Steinkohlentheeres besitzen, macht es aber auch erklärlich, daß die Mengen Theer, die diesem Verfahren unterworfen werden, in rascher Zunahme begriffen waren und sind. Während in den Siebzigerjahren beispielsweise in England 175.000, in Holland 7500 t Steinkohlentheer jährlich destillirt wurden, betrug die verarbeitete Menge im Jahre 1886 in den beiden Ländern schon 643.000, beziehungsweise 22.000 t. Auch in Deutschland ist diese Industrie gewaltig in die Höhe gegangen, besonders nachdem die großen Coakeswerke im Ruhrgebiete und in Oberschlesien die Verarbeitung des Theeres eingeführt haben.

Welcher enorme Gewinn sich aber bei der rationellen Destillation erzielen läßt, zeigt uns die folgende Berechnung von Perkin. Man erhält aus 9,000.000 t

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Steinkohle im Werthe von . . . . . | | | | 5,400.000 engl. Pfund |
| Farbstoffe . . . . . | 3,350.000 | engl. | Pfund | |
| Schwefels. Ammon (195.000 t) . | 1,940.000 | „ | „ | |
| Pech (325.000 t) . . . . . | 365.000 | „ | „ | |
| Kreosot (25,000.000 Galls.) . . | 208.000 | „ | „ | |
| Rohe Carbolsäure (1,000.000 Galls.) | 100.000 | „ | „ | |
| Coakes . . . . . | 2,400.000 | „ | „ | 8,363.000 engl. Pfund |
| | | | Ueberschuß . . | 2,963.000 engl. Pfund |

Die zahlreichen Stoffe, die in letzter Linie auf den Steinkohlentheer und die daraus durch Destillation gewonnenen Producte zurückzuführen sind, dienen aber, wie schon erwähnt, durchaus nicht alle nur zur Herstellung von Theerfarben, wenn auch ein großer Theil diesem Zwecke zugeführt wird, und sie überhaupt die directe Ursache der Entstehung der Theerfarbenindustrie waren. Eine große Anzahl von Bestandtheilen des Steinkohlentheeres abgeleiteter Präparate hat sich im Laufe der Jahre auch in den Dienst der Heilkunde gestellt, es sind dies theils Desinfectionsmittel, „Antiseptica“, wie Carbolsäure, „Kreoline“, „Solutol“,

Digitized by Google

„Sanatol“ u. s. f., theils dienen sie zur Herabsetzung der krankhaft gesteigerten Körpertemperatur als sogenannte „Antipyretica“, wie das bekannte Antifebrin, Phenacetin, Jodophenin, Antipyrin, Salipyrin u. s. f.

Andere Körpergruppen wieder besitzen die Eigenschaften, nervöse Schmerzen zu beseitigen; solche „Antineuralgica“ sind beispielsweise Analgen, Exalgin und das ganz ausgezeichnete Migränin, das ein Gemisch von citronensaurem Antipyrin und Coffeïn ist.

Endlich finden wir unter den Abkömmlingen des Steinkohlentheeres auch schlafspendende Präparate, sogenannte „Hypnotica“, wie das Acetophenon oder „Hypnon“.

Der Steinkohlentheer hat aber auch Genußmittel geliefert. So gelang es im Jahre 1887 den beiden Chemikern Remsen und Fahlberg, aus Producten der Steinkohlentheerdestillation einen künstlichen Süßstoff, der 300- bis 500mal süßer ist wie Rohrzucker, das Benzoesäuresulfinid, gewöhnlich „Saccharin“ genannt, herzustellen, ihm folgten das „Dulcin“ oder „Sucrol“ und das „Glucin“. Den Rübenzucker vermögen diese Stoffe, die auch nicht gährungsfähig sind, durchaus nicht zu verdrängen, doch eignen sie sich zu vielen Zwecken, und besonders in der Hand des Arztes bilden sie einen werthvollen Stoff, um bei gewissen Krankheiten, wie Diabetis, den Zucker durch einen anderen, unschädlichen Süßstoff zu ersetzen.

Bald nachdem man begonnen hatte, das Saccharin und andere künstliche Süßstoffe in größeren Mengen darzustellen und in den Verkehr zu bringen, sagten ängstliche Gemüther den vollständigen Untergang der Zuckerindustrie voraus. Dabei übersahen sie aber, daß das Saccharin zwar ungemein süß schmeckt, aber doch ganz andere Eigenschaften besitzt wie die Saccharose. Schon der Umstand, daß es anders schmeckt wie Rohrzucker, steht seiner allgemeinen Anwendung im Wege, es ist nicht gährungsfähig, sondern besitzt eher gährungshemmende Eigenschaften, und endlich verleiht Rohrzucker Flüssigkeiten auch „Körper“, was die geringen, zum Versüßen nöthigen Mengen Saccharin nicht vermögen.

Das reine Saccharin, das Benzoesäuresulfinid, ist nur schwer in Wasser löslich. Weit leichter löst sich dagegen das Natriumsalz dieser Verbindung, und sie wird als „leicht lösliches Saccharin“ in der bekannten Tablettenform in Handel gebracht.

Man hat dem Saccharin alle möglichen schädlichen Eigenschaften angedichtet, um seinem Verbrauche eine Schranke zu ziehen. Wenn es nun auch lange nicht so gefährlich ist, als man sagte, so war es doch nur recht und billig, wenn man in vielen Staaten das Saccharin dem freien Verkehr entzog und ihm seinen Platz in der Apotheke anwies. Denn es wurde sehr häufig zur Versüßung von Erzeugnissen verwendet, die gewöhnlich durch Zucker versüßt werden. Der Preis wurde aber nicht vermindert und der Käufer in dem Glauben belassen, mit Rohrzucker bereitete Limonaden, Fruchtsäfte oder eingesottene Früchte zu kaufen. Dies ist dann allerdings eine Benachtheiligung, schon aus dem Grunde, da der Zucker ein Nährstoff ist, das Saccharin aber nicht.



Digitized by Google

Die interessirten Kreise haben in dem gegen das Saccharin geführten Kampfe aber mitunter zu Mitteln gegriffen, die nicht zu billigen waren. So hat man versucht, das Publicum dadurch dem Saccharin mißgünstig zu stimmen, daß man auf seine Abstammung von dem „schmutzigen und übelriechenden" Steinkohlentheere hinwies. Mit dem gleichen Rechte müßte man aber dann auch die zahlreichen Medicamente, die prächtigen Theerfarben, die künstlichen Riechstoffe u. s. f. zurückweisen, die alle dem gleichen Rohstoffe entstammen. Die Rohstoffe, die in den chemischen Industrien verwendet werden, sind allerdings nur in den seltensten Fällen liebliche und angenehme Körper, gerade dadurch bethätigte aber die Chemie ihre Kunst, daß sie aus solchen Stoffe Producte von hohem Werthe und angenehmen Eigenschaften darzustellen vermag.

Auch künstliche Riechstoffe können aus dem Theere gewonnen werden, wie Nitrobenzol oder Mirbanöl, künstlicher Moschus u. s. f. Und endlich haben zahlreiche aromatische Verbindungen, die dem Theere entstammen, auch in der Photographie Anwendung gefunden, und mancher Amateurphotograph mag nicht ahnen, daß er Stoffe benützt, die dem schwarzen, übelriechenden Steinkohlentheere entstammen, wenn er seine Platten mit Hydrochinon, Eikonogen, Amidol, Reducin und wie die zahlreichen sonst noch auf den Markt gebrachten Stoffe heißen, entwickelt.

So sehen wir besonders an den zahlreichen werthvollen und wichtigen Producten, die aus dem Steinkohlentheere gewonnen werden können, was die moderne Chemie zu leisten vermag. Von ganz kleinen und bescheidenen Anfängen ausgehend, schuf sie große und bedeutende Industrien, lehrte sie die Darstellung heilkräftiger, wohlschmeckender und wohlriechender Stoffe. Ihre größten Triumphe hat sie aber entschieden auf dem Gebiete der Farbenfabrikation gefeiert, und so weit dies ohne Kenntnis der organischen Chemie möglich ist, wollen wir diese Industrie im nächsten Abschnitte schildern.

Digitized by Google

# Die Farbenfabrikation.

Unter den sieben Sinnen, mit denen der landläufigen Anschauung nach der Mensch ausgerüstet ist, nimmt gewiß der Gesichtssinn die erste Stelle ein. Das Auge ist es, das uns die stärksten Eindrücke vermittelt, es zeigt uns die Herrlichkeit der Natur und setzt uns in directe Beziehung zu all den Objecten, die das Weltall, so weit es unser Blick zu umfassen vermag, erfüllen. Deshalb, und mit vollem Rechte, betrachten wir auch einen des Gesichtssinnes Beraubten als äußerst bedauernswerth, vermag er doch die liebe Sonne nicht zu sehen und nicht die Farbenpracht, in der sich Mutter Natur alljährlich aufs neue verjüngt!

Der Volksmund prägt so manches treffliche und bezeichnende Wort. Er sagt von einem mißmuthigen, stets unzufriedenen Menschen, daß er alles durch graue Brillen betrachte. Dadurch wird aber doch nur zum Ausdrucke gebracht, daß er die Welt der Farben entkleidet, und daß sie sich ihm in diesem Zustande kalt und arm, nackt und bloß darstellt. Und in der That, erst durch die Farbe erhält jeder Gegenstand, sei er nun belebt oder unbelebt, das ihm Eigenthümliche. Durch die Farbe spricht die Natur in tausend Sprachen zu uns, entfaltet sie ihre Größe und ihre Lieblichkeit. Mit hellen, leuchtenden Farben schmückt sie ihre Gebilde, sie kleidet die zarte Blüthe und den Falter ebenso sorgsam und reich, wie sie das unendliche Meer und die himmelragenden Gipfel der Alpen zu schmücken weiß, und mit stets neuem Entzücken genießen wir die Pracht eines Sonnenaufganges und erfreuen uns an dem zarten Farbenspiele des Regenbogens. Ja selbst jene Theile der Erde, die in Nacht und Eis erstarrten, selbst die Schrecken und die Einsamkeit der Polarregionen mildert die gütige Natur: sie bringt durch die wehenden und wallenden Schleier und Bänder des Polarlichtes Leben und Farbe in das Reich des Todes.

Digitized by Google

Farbe ist Leben und Freude zugleich. Deshalb benützen wir auch die Farbe, um selbst unscheinbaren Gegenständen ein erfreulicheres Aussehen zu ertheilen, und es giebt kein Volk auf dem weiten Erdenrund, das sich nicht der Farben in irgend einer Form bedienen würde, um sich selbst oder Gegenstände des täglichen Lebens damit zu schmücken. So uralt wie die Benützung der Farben ist aber auch die Kunst, sie herzustellen, und die Bereitung der Farben ist daher wohl eines der ältesten chemischen Gewerbe. Zwar finden wir, so weit unsere geschichtlichen Kenntnisse reichen, meist nur sogenannte Erdfarben in Verwendung, und zwar am häufigsten solche, die sich schon in der Natur fertig gebildet vorfinden; allein auch diese natürlichen Farben fordern, ehe sie ihren Zweck zu erfüllen vermögen, eine besondere Zubereitung, sei diese auch nur ein rein mechanischer Proceß, wie die Zerkleinerung und das Schlämmen.

Bei einem so alten Industriezweige aber, wie es die Kunst der Farbenbereitung und der Färberei selbst ist, ist es natürlich, daß er im Laufe der Zeit die größten Wandlungen durchgemacht hat. Die tausendfältigen Versuche, die die Alchemisten in ihren Laboratorien anstellten und die alle darauf hinausliefen, Gold zu machen, schlugen zwar in dieser Richtung fehl — allein die ungeheure Summe von Zeit und Mühe, die auf diese Arbeiten verwendet wurden, trug doch ihre Früchte. Einerseits förderte sie zahlreiche chemische Thatsachen zutage, ohne deren Kenntnis der Aufbau der chemischen Wissenschaft unmöglich gewesen wäre, andererseits verdankt gerade die Farbenindustrie den alchemistischen Bestrebungen schon in lang vergangener Zeit viele Bereicherungen und neue Darstellungsmethoden. Der Grund liegt aber darin, daß die Alchemisten mit besonderer Vorliebe Metalle, Erden und Mineralien in das Bereich ihrer Untersuchungen zogen, und gerade diese Körper sind es, die eine reichliche Menge von Farben liefern, von denen viele heute noch im Gebrauche sind und wegen ihrer Billigkeit wohl auch bleiben werden.

Die Zeit, in der sich der Maler die Farben selbst bereitete, liegt noch nicht sehr weit hinter uns und die Darstellung mancher Farbe von besonderer Schönheit wurde sogar von dem glücklichen Besitzer der Vorschrift als großes Geheimnis behandelt. Welch gewaltiger Abstand zwischen dieser Zeit und der Gegenwart! Heute liefern die chemischen Fabriken alle Farben zu ungemein billigen Preisen und in solcher Zubereitung, wie sie der Einzelne ohne die nöthigen technischen Hilfsmittel nie und nimmer erzeugen kann. Die italienischen Maler stellten sich durch mühevolle Arbeit aus dem kostbaren Lasursteine die hochgeschätzte blaue Farbe, das Ultramarin selbst dar; heute wird die gleiche Farbe schöner und feuriger von eigenen Fabriken zu Preisen geliefert, die in gar keinem Verhältnisse zu jenen des aus dem Lasursteine gewonnenen Präparates stehen. Während dieses vielfach mit Gold aufgewogen wurde, kauft man heute 1 kg des herrlichsten Ultramarins um billiges Geld.

Aber nicht nur die Bereitung der Farben wurde verbessert. Man lernte in neuerer Zeit auch eine große Anzahl vegetabilischer und thierischer Farbstoffe

Digitized by Google

kennen, und es war hauptsächlich die Er
die Entdeckung Amerikas, die hierauf em
wie überhaupt aus den Tropenländern st
stoffe, und das Bestreben, diese färbenden
zuführen, führte zur Entdeckung der sogen

Mit den Fortschritten der Chemie n
ungemein. So war beispielsweise die Entde
Wichtigkeit für die Farbenindustrie, die sie m
tiger Farben beschenkte; auch die Entdeck
Urans, Molybdäns und anderer Metalle gal
färbender Substanzen.

Aber auch den letzten und gewaltigsten U
industrie und der Färberei haben wir der
prachtvollen Farben, die man aus dem St
hat — Farben, die an Schönheit alle ande
derer man gegenwärtig alle Färbungen un
Stande ist.

Wie schon aus diesem kurzen Ueberblicke
wickelung der Farbenindustrie zu entnehmen is
Farben zu unterscheiden. Die natürlichen Farbe
schon in der Natur fertig gebildet vor und sie
Zubereitung, um sogleich verwendbar zu sein. J
weise der Ocker und die Grünerde, kohlensau
Malachit u. s. f.

Die zweite Gruppe bilden die künstlich darges
Einleitung chemischer Processe erhalten werden.
haben wir schon kennen gelernt: das Berlinerbla
salz und Eisenoxydsalzen entsteht. Andere Farbe
und das Chromgelb, Schweinfurtergrün und S
viele andere.

Während diese Farben ohne Ausnahme den
die dritte Gruppe solche Farben, beziehungsweise
im Thier- oder Pflanzenreiche zu suchen haben. (
durch Fällung gewisser Farbstoffe mit Ble
Beispiele dieser Art sind Carmin und Indigo, B

Die vierte Gruppe endlich bildet das K
farben, die ganz auf künstlichem Wege dargestel
auch in diesem Abschnitte zu befassen haben.

Bei der Reichhaltigkeit dieses Gebietes wä
halbwegs wichtigen Farben auf dem uns zur
besprechen. Diese Vollständigkeit würde uns aber
bieten, da es uns ja nicht darum zu thun is

Digitized by Google

sondern nur darum, einen Ueberblick über dieses wichtige Gebiet der angewandten Chemie zu erlangen. Und diesen Zweck werden wir voll und ganz erreichen, wenn wir uns mit der Bereitung eines oder mehrerer Repräsentanten aus jeder Gruppe vertraut machen.

Die Erdfarben bedürfen, um in Farben verwandelt zu werden, nur einer rein mechanischen Bearbeitung. Man zerkleinert sie mit Hilfe geeigneter Vorrichtungen und unterwirft sie dann einem Schlämmprocesse, um die feinen Bestandtheile von den gröberen zu trennen. Mitunter wird jedoch noch ein besonderer Kunstgriff angewendet, um solchen Erdfarben ein besonderes schönes, „feuriges" Aussehen zu verleihen. Man vermengt sie nämlich mit anderen, künstlich hergestellten Farben, die sich durch besondere Kräftigkeit der Färbung auszeichnen. Gewöhnlich benützt man Theerfarben zu diesem Zwecke, doch auch künstliche Mineralfarben werden benützt; man bezeichnet diesen Vorgang als „Schönung".

Weit complicirter ist die Fabrikation der künstlichen Mineralfarben, besonders einzelner unter diesen. Sie sind im vollsten Sinne Produkte der chemischen Industrie, da ausschließlich chemische Vorgänge zu ihrer Herstellung benützt werden.

Der einfachste Vorgang ist der, daß man die Farbe durch Fällung der Lösung eines Köpers mit einer zweiten gewinnt, wobei ein in den gewöhnlichen Lösungsmitteln unlöslicher Niederschlag entsteht. Fügt man beispielsweise zu der Lösung eines Bleisalzes, etwa zu essigsaurem Blei eine Lösung von rothem chromsaurem Kalium, so entsteht ein schwerer, schön gelb gefärbter Niederschlag, der gesammelt, ausgewaschen und getrocknet das Chromgelb des Handels bildet. Im chemischen Sinne ist er chromsaures Blei oder Bleichromat und seine Entstehung ist dadurch zu erklären, daß die Essigsäure und das Kalium ihre Plätze getauscht haben. Während also chromsaures Blei als unlösliche Verbindung sich ausscheidet, bleibt das bei dieser Reaction entstehende essigsaure Kalium in Lösung.

Die Herstellung der Farben durch Fällung ist aber immerhin noch eine einfache Operation. Weit größere Schwierigkeiten verursacht die Gewinnung mancher anderer Farbmaterialien, wie Bleiweiß oder Ultramarin. Hier sind es verhältnismäßig complicirte, chemische Processe, die zum Ziele führen und die auch die Ursache waren, daß sich die Fabrikation dieser und anderer Farben zu besonderen Zweigen der chemischen Industrie herausbildete.

Die Methoden, nach denen die bekannte, weiße Farbe, das Bleiweiß, auch Silberweiß, Kremserweiß, Kremnitzer-, Berliner-, Holländerweiß u. s. f. genannt, hergestellt wird oder wurde, lassen sich je nach den vorzunehmenden Operationen in drei Gruppen eintheilen. Bei dem ältesten, dem holländischen Verfahren wird metallisches Blei der Einwirkung von Essigsäuredämpfen unterworfen, während das Gefäß, in dem dies geschieht, gleichzeitig erwärmt wird. Man umgab zu diesem Zwecke die Töpfe mit Dünger, der bekanntlich durch die Vorgänge der Verwesung und Fäulnis Wärme producirt. Diese Wärme brachte die Essigsäure zum Verdampfen und es spielte sich nun der erste Theil des Processes ab, der in der

Digitized by Google

Entstehung von basisch-essigsaurem Blei gipfelt. Gleichzeitig wirkt aber auch die Kohlensäure, die sich in reichlicher Menge durch die Zersetzung des Düngers entwickelt, auf das entstehende basisch-essigsaure Bleioxyd ein und wandelt es in basisch-kohlensaures Bleioxyd, in basisches Bleicarbonat oder Bleiweiß um.

Als eine Verbesserung dieses äußerst primitiven Verfahrens war die deutsche oder österreichische Methode zu bezeichnen. Man besorgte die Erwärmung durch Verbrennung von Holz oder Kohle und benützte gleichzeitig die in Folge des Verbrennungsprocesses sich bildende Kohlensäure dazu, das basische Acetat in das basische Carbonat überzuführen.

Einen weiteren Fortschritt bedeutete das sogenannte französische Verfahren. Man geht bei seiner Ausführung von einer Lösung von basisch-essigsaurem Blei aus und zerlegt sie durch Einleiten von Kohlensäure in Bleiweiß und neutrales Bleiacetat, das wieder in den Proceß zurückkehrt und zur Darstellung von basischem Acetat dient.

Das dritte Verfahren ist das englische. Hier wird Bleioxyd (Bleiglätte) mit einer Lösung von Bleizucker, das ist neutralem Bleiacetat befeuchtet und der Einwirkung von Kohlensäure ausgesetzt, wobei ebenfalls Bleiweiß entsteht.

Die Herstellung des Bleiweißes nach dem holländischen Verfahren, also aus metallischem Blei, wird heute wohl nur mehr sehr selten angewendet, trotzdem es die Gewinnung eines sehr schönen Productes gestattet. Das gleiche gelingt aber auch nach den anderen Methoden, doch in bei weitem kürzerer Zeit. Wenn wir trotzdem dieses Verfahren wenigstens kurz besprechen, so geschieht dies hauptsächlich aus dem Grunde, um zu zeigen, wie sich ein Industriezweig aus rohen Anfängen zu einer hohen Stufe der Vollkommenheit zu erheben vermag.

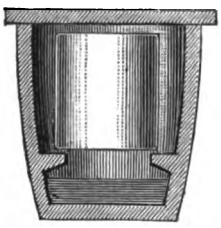
Zunächst wurde das Blei geschmolzen und zu dünnen Platten gegossen. Dies mag vielleicht befremdlich erscheinen, da sich ja doch bekanntlich das Blei durch Auswalzen in beliebig dünne Tafeln verwandeln läßt. Die Erfahrung hat aber gelehrt, daß gewalztes Blei von den Essigdämpfen nur sehr schwierig, dagegen eine Tafel, die durch Gießen geformt wurde, sehr energisch angegriffen wird.

Die Bleiplatten werden dann zu Spiralen gerollt und in die Calcinirtöpfe eingesetzt. Diese laufen schwach conisch zu und besitzen innen über dem Boden in gewisser Höhe einen vorspringenden Ring oder auch nur drei Vorsprünge, auf welche die Bleispirale gestellt wird. Bevor man aber die Spirale in den Topf stellt, gießt man in diesen eine ausreichende Menge ordinären Essig.

Die Töpfe werden dann in die „Looge" eingesetzt. Die Loogen sind viereckige Gruben, die an drei Seiten ausgemauert sind; die vierte Seite ist offen und in eine schiefe Ebene umgewandelt, um das Zuführen der Töpfe und des Düngers zu gestatten. Jede dieser Loogen vermag 6000 bis 8000 Töpfe, die insgesammt 9000 bis 11.000 kg Blei enthalten, aufzunehmen. Die Zwischenräume zwischen den Töpfen, die in Reihen übereinander gestellt werden, füllt man mit Dünger aus, doch müssen in Abständen Canäle freigehalten werden, um der Luft den Zutritt zu ermöglichen.

Digitized by Google

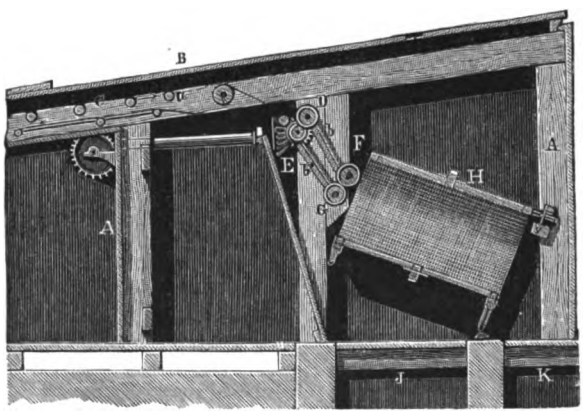
Durch die gleichzeitige Einwirkung der Wärme und der sich aus dem Dünger entwickelnden Kohlensäure geht nun die Umwandlung des Bleies in basisch-kohlensaures Blei, in Bleiweiß, von Statten. Ist die zur Bildung des Bleiweißes erfahrungsgemäß nöthige Zeit um, so werden die Loogen auseinander genommen, die Bleirollen werden in hölzernen Behältern gesammelt und in die zur Trennung des Bleiweißes von dem unveränderten Blei bestimmten Räume gebracht.



Topf zur Bereitung von Bleiweiß.

Früher geschah das Loslösen des Bleiweißes von den Bleiplatten ausschließlich durch Handarbeit. Es ist dabei aber nicht zu vermeiden, daß Bleiweiß verstäubt und von den Arbeitern eingeathmet wird und dann zu Vergiftungserscheinungen Anlaß giebt. Jetzt benützt man zur Ausführung dieser Arbeit gerieste Walzen, zwischen denen man die Platten durchlaufen läßt. Um die Arbeiter gegen den Staub zu schützen, umgiebt man diese Vorrichtungen mit einem hölzernen, dicht schließenden Kasten, in dem sich auch ein Sieb befindet, das die Trennung der größeren Bleiweißmassen, des „Schieferweiß", von dem feinen Staube besorgt.

Eine solche Vorrichtung zeigt die untenstehende Abbildung. Die aufgerollten Platten gelangen durch die Oeffnung B auf ein endloses Ledertuch, das sie zwischen die gerieften Walzen D und E führt. Haben sie diese passirt, so gehen sie zwischen dem noch enger gestellten Walzenpaare F und G hindurch und fallen in die Siebtrommel H, worauf sie in der Richtung von K den Apparat verlassen. Das durch die quetschende Wirkung der Walzen von den Platten abgelöste Bleiweiß fällt durch das Sieb nach J, wird dort in untergestellten Wagen aufgefangen und nach den Mühlen gebracht.



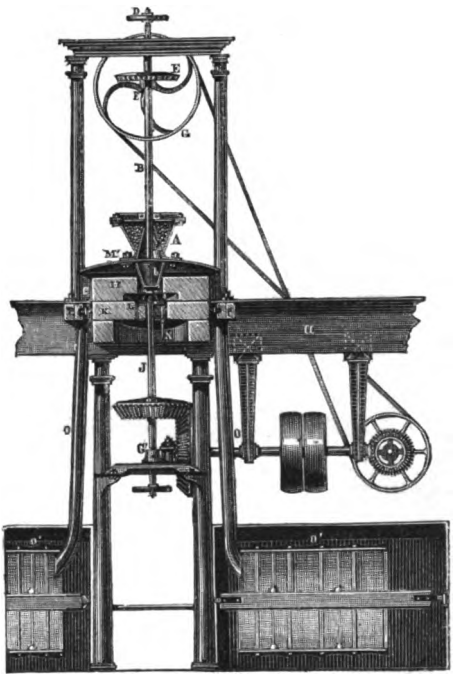

Vorrichtung zur Loslösung des Bleiweißes von den Bleiplatten.

Bevor man das Bleiweiß in die Mühlen bringt, wird es gewöhnlich zunächst trocken vermahlen oder richtiger zerquetscht. Man benützt dazu Kollergänge, die ebenfalls, um das Verstauben zu verhindern, mit hölzernen Kasten umgeben sind. Dann erst zerkleinert man das Bleiweiß so weit, daß es als Farbe verwendet werden kann, und zwar vermengt man es vor dem Mahlen mit Wasser. Je nachdem man aber das nicht in basisch-kohlensaures Blei übergegangene essigsaure Blei in der Masse beläßt oder es durch Auswaschen entfernt, erhält man „hartes" oder „weiches" Bleiweiß.

Digitized by Google

Das harte Bleiweiß bildet eine schwer zu zerbrechende, glänzende Masse, dieses Aussehen bietet eine Gewähr gegen die Verfälschung des Productes mit Schwerspath, da sonst der Bruch nicht glatt, sondern uneben und erdig ausfällt. Zu seiner Herstellung läßt man zunächst das Bleiweiß, das auf einem Kollergange zerkleinert wurde, ein Schüttelsieb passiren, um die Bleitheilchen zurückzuhalten. Dann bringt man die mit Wasser befeuchtete Masse auf eine Mühle, deren Einrichtung gewöhnlich nur wenig oder überhaupt nicht von der der üblichen Mahlmühlen abweicht. Man erhält dann das Bleiweiß in Form eines dünnen Breies, der aber keine größeren Stückchen erkennen läßt.

In dieser Form kann das Bleiweiß aber nicht in den Handel gebracht werden, man muß es zunächst entwässern. Zu diesem Zwecke läßt man den Brei in unglasirte Töpfe oder Gipsformen fließen, die das Wasser aufsaugen. Gewöhnlich giebt man diesen Töpfen die Gestalt eines abgestutzten Kegels. Durch den während des Austrocknens stattfindenden Wasserverlust verringert sich die Bleiweißmasse so bedeutend, daß man sie nach Ablauf einiger Tage mit Leichtigkeit aus der Form stürzen kann. Dann werden die Bleiweißkegel entweder an der Luft oder in erwärmten Räumen vollständig ausgetrocknet.



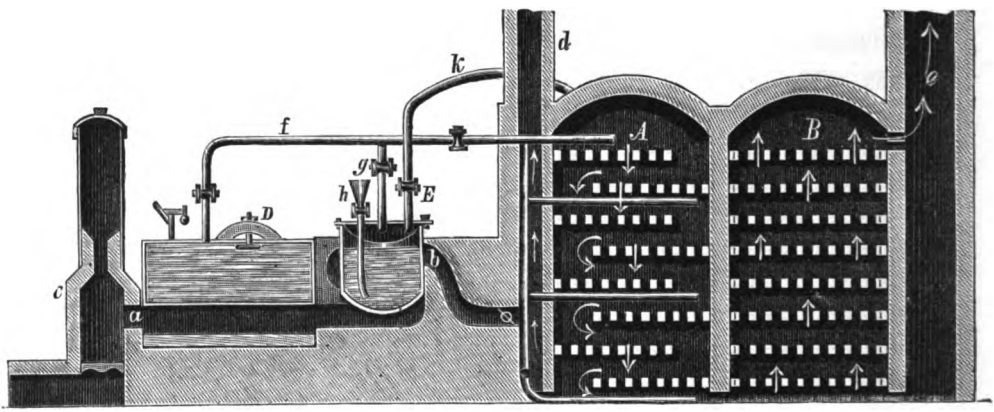
Bleiweißmühle von Lefèbre.

Will man das Naßmahlen umgehen, so müssen mit Rücksicht auf die Gesundheit der Arbeiter und auch im Geschäftsinteresse unbedingt Mahlvorrichtungen angewendet werden, die das Verstäuben der Masse vollständig verhindern. Eine Construction dieser Art ist die Lefèbre'sche Bleiweißmühle, die die nebenstehende Abbildung veranschaulicht. Bei A werden die Bleiweißstücke in einen mit Bronze gefütterten Trichter geschüttet, der an der Innenseite mit geschärften Vorsprüngen versehen ist; durch den gerieften Theil M werden die größeren Stücke zerkleinert und durch den Trichter b, der sich unter A befindet, der eigentlichen Mühle zugeführt. Diese besteht aus Bodenstein und Läufer H und K, die Steine sind an den einander zugekehrten Seiten ebenfalls gerieft, um die Abfuhr des gemahlenen Bleiweißes zu erleichtern. Wie die Abbildung erkennen läßt, sind die Steine ganz eingeschlossen, so daß ein Substanzverlust durch Verstäuben ausgeschlossen ist. Das gemahlene Bleiweiß gelangt durch die Röhren O nach den Beutelvorrichtungen O' und fällt aus diesen in die Abfuhrgefäße.

Digitized by Google

Will man „weiches Bleiweiß" darstellen, so unterwirft man es vor dem Mahlen einem gründlichen Schlämmprocesse in einem mit einer Rührvorrichtung versehenen Bottich. Hat sich das Bleiweiß zu Boden gesetzt, so zieht man die darüberstehende klare Flüssigkeit ab; das darin gelöste Bleiacetat wird selbstverständlich gewonnen. Das weiche Bleiweiß kommt in Form unregelmäßiger Stücke oder eines zarten Pulvers in den Handel.

Das deutsche oder österreichische Verfahren der Bleiweißfabrikation, das nur eine Verbesserung des holländischen bildet, wird in sehr verschiedener Weise ausgeübt. Ein sehr zweckmäßiger Vorschlag rührt von Major her, seinen Apparat zeigt die untenstehende Abbildung. A und B sind Kammern mit rostartig durchbrochenen Querwänden, auf denen die Bleiplatten liegen. C ist ein mit Holzkohlen gespeister Ofen, in den ein Ventilator die nöthige Luft einpreßt und gleichzeitig



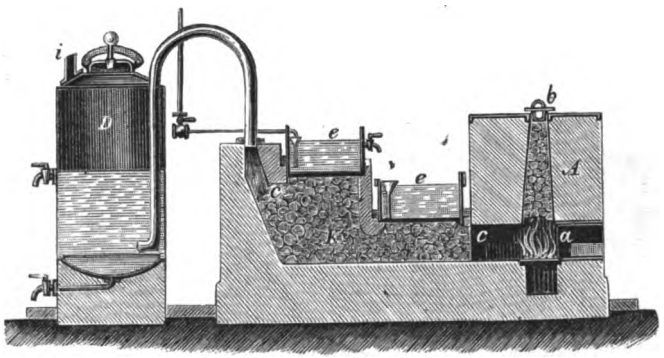

Vorrichtung zur Darstellung von Bleiweiß nach Major.

die Verbrennungsproducte unter den Dampfkessel D führt. Von hier gelangen sie noch unter den mit Essig gefüllten Kessel E, den sie erhitzen, und schließlich treten sie durch den mit einem Ventil versehenen Canal b in die Kammern A und B. Hier geben sie ihre Kohlensäure ab, die zur Bildung des basischen Bleicarbonates dient, dann entweichen sie nach der Esse e. Das Dampfrohr f vermittelt die Zuführung von Dampf durch das Rohr g sowohl in den Kessel E, als auch nach den bei den Kammern, um sie zu heizen und mit Feuchtigkeit zu versehen; durch das Rohr k gelangen die Essigsäuredämpfe nach den Kammern. Die Arbeit mit dieser sehr eleganten Vorrichtung ist sehr einfach. Sobald die Kammern mit den Bleiplatten gefüllt sind, schließt man sie, erhöht die Temperatur auf 49 bis 60° und leitet durch 10 bis 20 Stunden Wasserdampf und Essigsäuredampf ein, um basisches Bleiacetat zu bilden. Dann läßt man die Gase aus dem Ofen zutreten, die sehr reich an Kohlensäure sind, um die Umwandlung in Bleiweiß zu besorgen, das dann in bekannter Weise weiter verarbeitet wird.

Digitized by Google

Das französische Verfahren der Bleiweißfabrikation beruht darauf, daß durch Einleiten von Kohlensäure in eine Lösung von basischem Bleiacetat aus diesem basisch-kohlensaures Blei oder Bleiweiß niedergeschlagen wird, während eine Lösung von neutralem essigsauren Blei hinterbleibt. Man führt dieses Salz wieder in die basische Verbindung über und fällt sie neuerdings durch Kohlensäure. Wir verdanken dieses elegante Verfahren, das heute fast allgemein angewendet wird, dem französischen Chemiker Thènard, der sich besonders durch zahlreiche werthvolle Untersuchungen auf dem Gebiete der Fabrikation der Mineralfarben auszeichnete. Er führte sein Verfahren zuerst in Clichy bei Paris in größerem Maßstabe durch, daher wird diese Methode wohl auch als die Methode von Clichy bezeichnet.

Zunächst wird durch Behandeln von metallischem Blei mit Essigsäure eine Lösung von basischem Bleiacetat hergestellt, die man durch Einleiten von Kohlen-




Kindler's Ofen zur Gewinnung von Kohlensäure.

säure fällt. Die Kohlensäure wird entweder durch Verbrennen von Kohle oder durch Brennen von Kalkstein erzeugt, in letzterem Falle erhält man neben sehr reiner Kohlensäure auch noch Aetzkalk, der in Farbenfabriken gewöhnlich gut verwerthet werden kann. Der von Kindler zur Gewinnung der Kohlensäure construirte Ofen besteht aus einem kegelförmigen Verbrennungsschachte, auf dessen Rost a Kohle oder Coaks verbrannt wird. Der Canal c ist durch eine lothrechte Scheidewand getheilt, um seine Verstopfung durch angehäufte Kohle zu verhindern. K ist ein mit Kalksteinstücken gefüllter Raum, durch den die Verbrennungsproducte streichen, die mit Wasser gefüllten Gefäße e bewirken die Abkühlung der Kalksteine und des Gases. Endlich strömt es noch durch die mit Wasser gefüllten Waschgefäße D und wird von hier durch eine Pumpe abgesogen und nach den Fällungsgefäßen gepreßt.

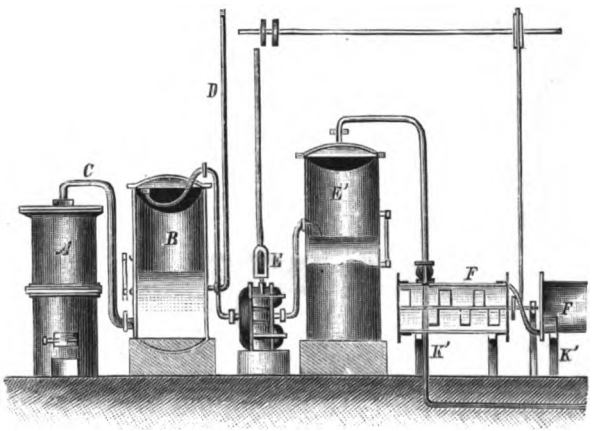
Auch die Vorrichtungen, deren sich Thènard ursprünglich zur Ausführung seines Verfahrens bediente, haben manche Verbesserung erfahren. Wir können daher ruhig die ältere, heute allgemein verlassene Anordnung der Apparate über-

Digitized by Google

gehen, und gleich jene Einrichtungen besprechen, die jetzt fast allgemein, oder doch nur mit geringfügigen Abänderungen benützt werden.

Zur Herstellung einer guten Sorte Bleiweiß ist es unerläßlich, nur reine Kohlensäure zu verwenden. Man reinigt sie daher und trennt sie von anderen Gasen, indem man das kohlensäurehaltige Gas in eine Lösung von kohlensaurem Natrium einleitet. Wie wir wissen, wird hier die Kohlensäure aufgenommen und es entsteht Natriumbicarbonat. Kocht man aber die Lösung von Bicarbonat, so entweicht wieder Kohlensäure, die fast vollständig rein ist. Zur Ausführung dieses Vorganges dient der folgende, von Ozouf construirte Apparat.

Die im Verbrennungsofen A entwickelten Gase werden mittelst einer Luftpumpe E durch die Röhre C in den Kühler B gebracht, der durch das Rohr D continuirlich mit kaltem Wasser gespeist wird. In den Recipienten E' eingepreßt, setzen die Gase mitgerissene Feuchtigkeit ab und gelangen dann in drei liegende, mit kalter Natriumcarbonatlösung gefüllte Cylinder F, in denen sich schaufelförmige Rührarme bewegen, um die Absorption der Kohlensäure zu befördern.



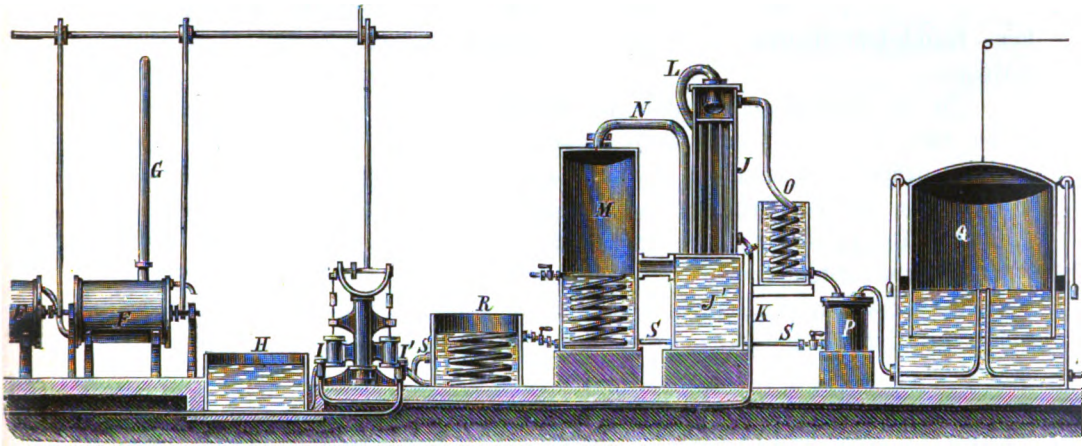
Ozouf's Apparat zur Reinigung der Kohlensäure.

Die weiteren Einzelheiten zeigt uns nun die Abbildung auf Seite 847. Die in den Cylindern F nicht absorbirten Gase entweichen durch das Rohr G, und ein hölzerner Bottich H nimmt die Natriumcarbonatlösung auf. Die Pumpe I einer Zwillingspumpe II', deren Cylinder abwechselnd functioniren, saugt die Natriumbicarbonatlösung aus H an, drückt sie durch das Rohr K in den Röhrencylinder J, der auf einem Cylinder von größerem Durchmesser J' steht, und mit J durch verticale Rohre communicirt. Die Bicarbonatlösung steigt zwischen den Röhren in J auf, tritt in die Röhre L, tröpfelt als feiner Regen aus der Brause und gelangt durch die verticalen Rohre nach J' und von da in den Recipienten M. Hier wird sie auf 100° erhitzt und die absorbirte Kohlensäure in Freiheit gesetzt, die zurückbleibende Lösung von Natriumcarbonat wird in einem in dem Bottiche R liegendem Schlangenrohre abgekühlt, von der Pumpe I' angesogen und durch das Rohr K wieder den Cylindern F zugeführt.

Die aus M durch N entweichende Kohlensäure gelangt nebst Wasserdampf nach J' und wird, während sie in den Röhren des Cylinders J emporsteigt, durch die herabtröpfelnde Bicarbonatlösung gekühlt; zum Zwecke der vollständigen Ab-

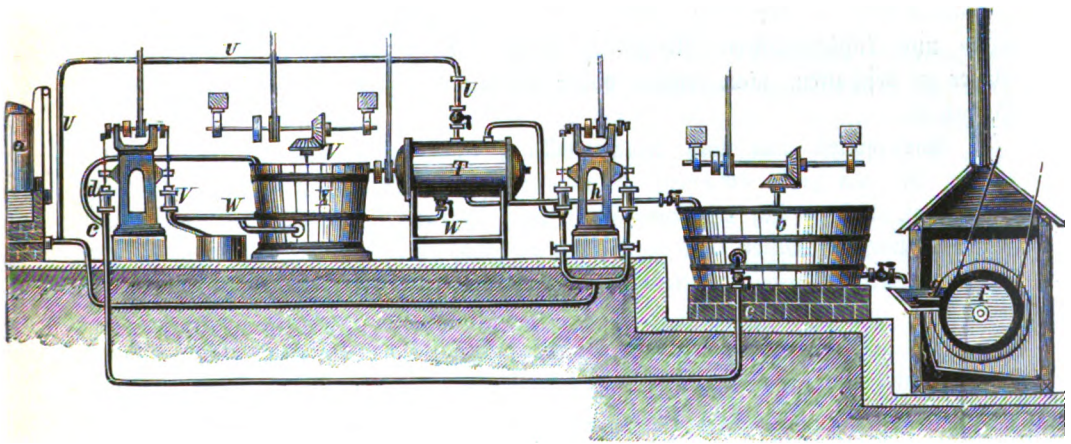
Digitized by Google

kühlung muß sie schließlich noch das von kaltem Wasser umgebene Schlangenrohr O passiren.




Ozouf's Apparat zur Reinigung der Kohlensäure.

Nun nimmt eine kleine, cylindrische Vorlage P die abgekühlte Kohlensäure und durch Condensation entstandenes Wasser auf und entläßt die Kohlensäure nach dem Gasbehälter Q. Das Verbindungsrohr S zwischen P und dem Saugrohre der Pumpe I' hat den Zweck, der Lösung von Natriumcarbonat




Ozouf's Apparat zur Gewinnung von Bleiweiß.

das verlorene Wasser wieder zuzuführen und die ursprüngliche Concentration wieder herzustellen.

Die Vorrichtungen, in denen die Fällung der Lösung von Bleiacetat vorgenommen wird, zeigt uns die obenstehende Abbildung. Die Kohlensäure gelangt durch das Rohr U in den mit einer Lösung von basisch-essigsaurem Blei beschickten

Digitized by Google

Cylinder T, in dem sich eine Rührvorrichtung befindet. Mittelst der Pumpe V wird die Bleilösung durch das Rohr W dem Cylinder T zugeführt. Das Gas wird hier sehr rasch verschluckt, und man kann das Fortschreiten der Entstehung von basisch-kohlensaurem Blei an dem Sinken der Glocke des Gasbehälters verfolgen.

Ist die Ausfällung beendet, so entleert man den Inhalt des Gefäßes T in die Holzbütte b, in der mehrere, aus verkupfertem Eisen angefertigte Rechen um eine stehende Welle rotiren können. Hat sich das Bleiweiß zu Boden gesetzt, so wird die darüber stehende klare Lösung von neutralem essigsauren Blei mit Hilfe der Pumpe d nach dem Behälter X befördert und hier unter Vermittlung einer Rührvorrichtung innig mit Bleiglätte gemischt, wodurch wieder basisch-essigsaures Blei entsteht, da Bleioxyd in Lösung geht. Diese Lösung wird dann durch das Rohr W mit Hilfe der Pumpe V neuerdings in den Fällungscylinder T gebracht.

Das im Bottiche b befindliche Bleiweiß wird nun mit Wasser übergossen und mittelst der Rührvorrichtung gründlich aufgerührt. Nach dem Absitzen entfernt man das überstehende Wasser und läßt das ausgewaschene Bleiweiß in Säcken abtropfen. Dann wird es noch unter hydraulischen Pressen gut entwässert, getrocknet und vermahlen.

Das englische Verfahren der Bleiweißfabrikation, das in der Einwirkung von Kohlensäure auf Bleiglätte, die mit einer Lösung von Bleiacetat durchfeuchtet ist, beruht, wird heute nur mehr sehr selten angewendet. Man erhält nach diesem Verfahren nämlich nur dann eine tadellose Farbe, wenn man sehr reine, besonders eisen- und kupferoxydfreie Bleiglätte benützt. Diese ist aber verhältnismäßig schwer zu beschaffen, man arbeitet daher fast ausschließlich nach dem französischen Verfahren.

Wir wollen nun noch die Herstellung einer anderen Mineralfarbe kennen lernen, die als „Ultramarin" bekannt ist. Diese Farbe ist dadurch besonders interessant, daß es sich bei ihrer Herstellung eigentlich um eine Mineralsynthese handelt. Wie wir wissen, hat man schon in früheren Zeiten den natürlichen, aber sehr theueren Lasurstein zerkleinert, geschlämmt und zur Farbenfabrikation verwendet.

Als aber durch die chemische Analyse seine Zusammensetzung richtig erkannt war, konnte man daran gehen, ihn durch Vereinigung seiner Urstoffe zu erzeugen und somit einen chemischen Proceß nachzumachen, den die Natur vielleicht vor Millionen Jahren selbst ausgeführt hat.

Dies ist nun nicht nur vollständig gelungen, sondern man hat auch gelernt, weiter zu gehen, als es die Natur gethan hat, denn heute kennen wir nicht nur blaues, sondern auch grünes, violettes, rothes und selbst weißes Ultramarin, Verbindungen, die zwar mit dem Lasursteine die gleiche oder doch eine sehr ähnliche Zusammensetzung gemeinsam haben, für die aber dann der Name „Ultramarin", der etwa „blauer als das Meer" bedeutet, nicht mehr sehr gut gewählt ist.

Digitized by Google

Unterwerfen wir d
wir eine große Anzahl v
Thonerde, Natron, Kalk,
es durch geeignetes Zuſ
uns ſchon aus dem der
erde bekannten Material,
Schwefel und Kohle, kün
man aber die Producte v
eine ein ſchöneres, die a
Jede Fabrik hält aber a
ſtrenge geheim, und des
ſchönen Producte durch
werden oder bloß auf ſ
ſind. Sehr viel dürfte ab
der benützten Rohmateria

Die genannten Rc
zunächſt zerkleinert, und
ſie auf das innigſte mitei
löslich iſt, geſchieht das
geſchlämmten Kaolin in
Schwefel zu, worauf ma
bis eine vollkommen trock
dem Glühen unterzogen

Das Glühen der A
Laſurſteines entſprechen, n
einzelne Fabriken die Erh
bis zur hellen Weißglut,
geführt.

Das Glühen einer
wird in Muffeln in 7 bi
zur mäßigen Rothglut er
die Temperatur geſteigert
beobachtet, die Einwirkun

Zunächſt färbt ſich
unbeſtimmte Farbenton i
über, das aber immer no
der Maſſe, zu denen die
und geht mitunter in ein

Nach Beendigung
und noch heiß in Ausla
behandelt wird, als ſie n
natrium, ſchwefelſaures



Digitized by Google

Nach dem Auslaugen sammelt man die Masse auf Tüchern, läßt sie abtropfen und trocknet sie schließlich vollständig unter Anwendung künstlicher Wärme.

Sie wird gepulvert und gesiebt und bildet in diesem Zustande das grüne Ultramarin des Handels. Um nun das grüne Ultramarin in blaues überzuführen, genügt es, es bei ungehindertem Luftzutritte durch kurze Zeit einer mäßigen Rothglut auszusetzen. Diese Operation muß bisweilen wiederholt werden, um den gewünschten und geschätzten feurigen Ton zu erhalten. Während also im ersten Theile des Processes die Luft direct nachtheilig wirkt und ferngehalten werden muß, besorgt sie allem Anscheine nach im zweiten die Umwandlung der grünen Farbe in blau. Allerdings würde man auch in einer Operation blaues Ultramarin erhalten, doch niemals ein Product von solcher Farbenpracht, wie es nach dem geschilderten Verfahren erzielt wird.

Beobachtet man das zur zweiten Glühung in den Muffeln befindliche grüne Ultramarin, so bemerkt man, daß die Masse zuerst an der Oberfläche und an den Rändern, überhaupt zunächst an jenen Stellen blau wird, zu denen die Luft am ersten Zutritt findet. Um nun die Masse in allen ihren Theilen in innige Berührung mit Sauerstoff zu bringen, krückt man sie häufig mit eisernen Haken um und trachtet durch oftmalige Entnahme von Proben den Punkt zu erkennen, an dem sie ihre größte Farbenintensität erreicht hat, worauf man das Erhitzen sofort unterbricht.

Die Masse wird dann sofort aus den Muffeln gezogen und auf Steinplatten ausgebreitet, auf denen man sie rasch auskühlen läßt. Wurde sie zu kurz geglüht, so dunkelt sie dann noch nach, was aller Wahrscheinlichkeit auf die weitere Einwirkung des Sauerstoffes zurückzuführen ist. Endlich wird das fertige Ultramarin auf Mühlen zerkleinert. Als Material für die Steine muß aber Granit gewählt werden, da die Ultramarinmasse eine ziemlich bedeutende Härte besitzt und Steine aus anderem Material zu rasch abnützen würde.

Da es aber selbst durch wiederholtes Mahlen nicht möglich ist, das Ultramarin im Zustande der höchsten Vertheilung, in dem es sich befinden muß, herzustellen, so läßt man dem Mahlen noch einen Schlämmproceß folgen. Die verschiedenen Sorten und Nuancen, in denen das Ultramarin in den Handel gebracht wird, unterscheiden sich untereinander nur durch den Grad der Feinheit, in chemischer Hinsicht ist kein Unterschied wahrnehmbar.

Das Ultramarin gehört zu den haltbarsten Farben, d. h. es wird durch die gewöhnlichen Agentien, mit denen eine Farbe in Berührung kommt, nicht verändert. Durch Säuren wird es aber rasch zersetzt, und es geht unter Entwickelung von Schwefelwasserstoff in eine Masse über, die eine unschöne, graue Färbung zeigt. Da das Ultramarin aber selbst eine Schwefelverbindung ist, ist es gegen Schwefelwasserstoff unempfindlich. Ganz das gegentheilige Verhalten besitzen aber andere Mineralfarben, wie etwa das Bleiweiß: Schwefelwasserstoff scheidet schwarzes Schwefelblei ab, so daß die ursprünglich rein weiße Farbe des Anstriches grau, ja selbst schwarz wird.

Digitized by Google

Außer den Mineralfarben kennen wir aber noch eine große Anzahl anderer Farbstoffe, die sich ebenfalls durch große Farbenpracht und vielseitige Verwendbarkeit auszeichnen, dies sind die Farbstoffe organischen Ursprunges. In dem Zustande aber, in dem diese Farbstoffe aus den Rohmaterialien gewonnen werden, sind sie für viele Zwecke nicht brauchbar und sie müssen in eine handliche Form übergeführt werden, um zur Bereitung von Oel- oder Aquarellfarben zu dienen. Dies erreicht man durch Herstellung der sogenannten „Lacke".

Vermischt man nämlich die Lösung eines organischen Farbstoffes mit der Lösung eines Zinn-, Blei- oder Thonerdesalzes und fällt man dann durch Zugabe eines Alkalis aus der Lösung das Zinnoxyd, Bleioxyd oder die Thonerde aus, so wird gleichzeitig mit dem betreffenden Oxyd auch der Farbstoff ausgeschieden und bildet dann jenen Körper, den man als „Lackfarbe" bezeichnet.

Aller Wahrscheinlichkeit nach sind die Lackfarben aber keine chemischen Verbindungen zwischen dem Farbstoffe und dem Metalloxyd, sondern sie werden nur durch Flächenanziehung von den sehr fein vertheilten Oxyden festgehalten. Dafür spricht wenigstens der Umstand, daß man ganz nach Belieben eine größere oder geringere Menge des Farbstoffes mit einer gegebenen Menge des Oxyds vereinigen kann.

Weiße Lackfarben sind nicht bekannt, ebenso wenig wie schwarze. Mit Ausnahme dieser beiden Farben existiren aber nicht nur alle Abtönungen der Farbenscala als Lackfarben, sondern man ist auch im Stande, alle nur erdenklichen Nuancen einer Lackfarbe herzustellen. Und zwar erreicht man dies dadurch, daß man der Farbe einen weißen Farbstoff beimengt. Man hat hier aber nicht nöthig, dies durch einen mechanischen Vorgang zu besorgen, sondern es genügt in der Regel, die Menge des Salzes, mit dessen Oxyd der Farbstoff ausgeschieden werden soll, zu vergrößern. Zinnoxyd und Thonerde besitzen eine weiße Farbe, es lagert dann bei den hellen Nuancen eine geringe Menge des Farbstoffes auf einer größeren Menge des Oxyds, während bei den dunklen Nuancen das Umgekehrte der Fall ist.

Dies ist im Wesentlichen das Verfahren, das zur Herstellung der Lackfarben eingeschlagen wird. Selbstverständlich können wir nicht an dieser Stelle die Gewinnung der zahlreichen Lackfarben besprechen, dies würde zu Erörterungen führen, die wohl für den Fachmann von großem Werthe und hoher Bedeutung sind, uns aber nur wenig Interessantes böten. Dagegen wollen wir an dieser Stelle noch einen kurzen Blick auf einen Körper werfen, der bei der Herstellung der Lacke eine große Rolle spielt und auch sonst in der Farbenindustrie Verwendung findet. Es ist dies der Alaun oder richtiger die Alaune, da wir zahlreiche Verbindungen dieser Art kennen.

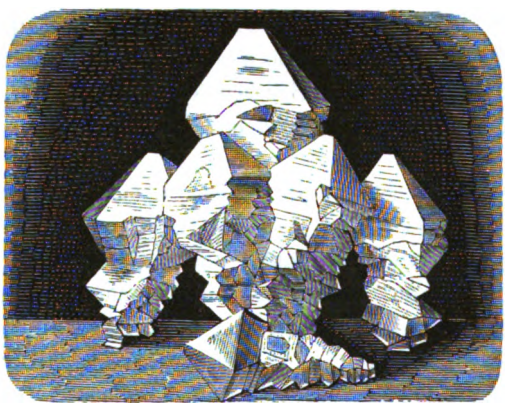
Die Alaune sind eigenthümliche Doppelverbindungen der Sulfate des Aluminiums (oder auch des Chroms oder Eisens) mit Sulfaten des Kaliums, Natriums oder Ammoniums oder der übrigen Alkalimetalle. Die wichtigste dieser Verbindungen ist unstreitig der Kalialaun, er ist eine in schönen Krystallen und Krystall-



Digitized by Google

gruppen krystallisirende Verbindung von schwefelsaurer Thonerde mit schwefelsaurem Kalium, die überdies noch 24 Molecüle Krystallwasser einschließt. Tritt nun an Stelle des schwefelsauren Kaliums schwefelsaures Natrium oder Ammoniumsulfat, so erhält man den Natrium-, beziehungsweise Ammoniumalaun u. s. f.

Zur Herstellung des Alaunes dient der sogenannte Alaunstein oder Alunit, dem durch heißes Wasser der Alaun entzogen wird, oder aber der Alaunschiefer. Er besteht der Hauptsache nach aus kieselsaurer Thonerde, die mit Schwefeleisen durchsetzt ist. Wird solcher Alaunschiefer geröstet, so geht das Schwefeleisen in Eisenoxyd und Eisensulfat über, gleichzeitig entsteht aber auch Schwefelsäure, die nach dem Befeuchten die kieselsaure Thonerde nach einiger Zeit in Kieselsäure und schwefelsaure Thonerde zerlegt. Wird nun die Masse mit Wasser ausgelaugt, so geht Aluminiumsulfat in Lösung und auf Zusatz von Kaliumsulfat oder von Chlorkalium bildet sich der Alaun, der nach dem Verdunsten des Wassers auskrystallisirt oder sich theilweise sofort ausscheidet. Der Alaunschiefer ist mitunter so leicht oxydirbar, daß es genügt, ihn mit Wasser zu befeuchten und längere Zeit bei gewöhnlicher Temperatur der Einwirkung der Luft auszusetzen, um in der geschilderten Weise schwefelsaure Thonerde und in der Folge Alaun zu erhalten. In neuerer Zeit stellt man aber große Mengen Alaun auch in der Weise her, daß man das Mineral Bauxit, das aus Aluminium-Eisenhydroxyd besteht, mit Schwefelsäure zerlegt, dadurch schwefelsaure Thonerde herstellt und diese dann in Alaun überführt.



Gruppe von Alaunkrystallen.

Ehe wir nun zur Besprechung der Anilinfarben übergehen, wollen wir uns noch mit der Gewinnung einiger organischer, in der Natur vorkommender Farbstoffe bekannt machen. Im Pflanzenreiche sind diese Farbstoffe sehr weit verbreitet. Sie entstammen aber nicht, wie man vermuthen würde, den farbenreichsten Theilen der Pflanze, den Blüthen, sondern sie sind in allen Theilen des Pflanzenkörpers enthalten, und die Rinde sowohl wie das Holz, die Wurzel wie die Blätter sind das Material, aus dem durch geeignete Behandlung und Bearbeitung Stoffe von intensiver Färbekraft gewonnen werden.

Wohl der wichtigste aller pflanzlichen Farbstoffe ist der Indigo. Gleichzeitig ist er aber wohl auch einer der am längsten bekannten Farbstoffe, denn schon vor Jahrtausenden wurde er von den Indiern und Aegyptern zum Färben von Geweben benützt.

Die Mutterpflanzen des Indigo, Indigofera tinctoria, disperma, anil und argentea werden in Ost- und West-Indien, sowie in Afrika gebaut, als einzige

Digitized by Google

europäische, indigoliefernde Pflanzen stehen uns aber nur der Färberknöterich (Polygonum tinctorium) und der Waid (Isatis tinctoria) zur Verfügung. Im Safte dieser Pflanzen ist der Farbstoff enthalten, aber nicht als färbende Substanz, sondern in Form einer chemischen Verbindung, die erst durch einen Gährungsvorgang zerlegt wird.

In Indien geht man in der Weise zu Werke, daß die Pflanzen, kurz bevor sie zu blühen beginnen, knapp über dem Boden abgeschnitten und in hölzerne Kufen oder ausgemauerte Gruben, die Gährungsküpen, gebracht werden. Man übergießt sie mit Wasser, beschwert die Pflanzen mit Steinen, um sie ganz mit Flüssigkeit zu bedecken und überläßt sie nun der Gährung, die unter lebhafter Kohlensäureentwickelung verläuft und nach 12 bis 15 Stunden beendet ist.

Ueber den Pflanzen steht dann eine gelbe Flüssigkeit, die in die tieferliegenden „Schlagküpen" abgelassen wird. Hier wird sie mit Schaufeln und Rudern bearbeitet und geschlagen, um sie in innige Berührung mit Luft zu bringen. Der Farbstoff wird dadurch als blaue, flockige Masse abgeschieden, die sich mit der Zeit zu Boden setzt. Man entfernt die Flüssigkeit und sammelt den blauen Schlamm, der mit Wasser gekocht und durch Tücher filtrirt wird, dann läßt man den Farbstoff trocknen und bringt ihn, in Stücke geschnitten, in den Handel. Die Ausbeute an Indigo ist aber sehr gering, denn 500 kg grüne Pflanzen liefern erst 1 kg des geschätzten Farbstoffes.

Der Indigo bildete und bildet noch heute einen wichtigen Exportartikel der genannten Länder, allerdings dürfte die Zeit nicht mehr ferne liegen, in der aller Indigo auf synthetischem Wege erzeugt werden wird. Schon jetzt werden bedeutende Mengen solchen Indigos auf den Markt gebracht, und es ist, da ja auch die Methoden seiner Gewinnung stets verbessert werden, schon mit Gewißheit vorauszusagen, daß das Kunstproduct den natürlichen Farbstoff ganz aus dem Felde schlagen wird, wie dies auch bei anderen Pflanzenfarbstoffen, beispielsweise beim Krapp der Fall war.

Der Krappfarbstoff entstammt der Wurzel der Färberröthe (Rubia tinctorum), die unter dem Namen „Krapp" in den Handel gebracht wird. Die Krapppflanze wird in vielen Ländern, hauptsächlich in Frankreich und im Elsaß, dann aber auch in Ungarn, Holland, Thüringen u. s. w. cultivirt. Diese einst so blühende Industrie ist aber heute dank der Synthese des Alizarins, des wichtigsten in der Krappwurzel enthaltenen Farbstoffes, vollständig untergraben. Während früher der Krapp ganz allgemein in der Färberei verwendet wurde, dient er heute nur mehr untergeordneten Zwecken.

Auch manche Holzarten, die man unter der Collectivbezeichnung „Farbhölzer" zusammenfaßt, enthalten werthvolle und wichtige Farbstoffe. Hieher gehört beispielsweise das Blau-, Blut- oder Campecheholz, Rothholz, Gelbholz u. s. f. Man stellt aus diesen Hölzern in besonderen Fabriken durch systematische Extraction die sogenannten Farbextracte her, erspart dadurch die Transportkosten und erleichtert die Arbeit des Färbers ungemein, der mit Hilfe der Farbextracte weit leichter

Digitized by Google

in der Lage ist, stets den gleichen Farbenton zu erzeugen, wie wenn er erst aus dem Farbholze den Farbstoff gewinnen muß.

Die genannten Pflanzen sind aber nur einige Repräsentanten der großen Anzahl solcher Vegetabilien, die zur Gewinnung von Farbstoffen verwendet werden oder wurden. Auch zahlreiche andere Farbstoffe, deren Namen häufig genannt werden, entstammen dem Pflanzenreiche, wie die Curcuma und der Orleans, Saffran, Safflor, Orseille u. s. f.

Neben diesen Farbstoffen aus dem Pflanzenreiche liefert aber auch das Thierreich einige färbende Substanzen. So stammt der sehr theuere und früher sehr geschätzte rothe Farbstoff, der Carmin, aus der Cochenille. Sie kommt in Form silbergrauer oder schwarzer, 1 bis 2 mm langer Körner in den Handel, diese Körner sind aber nichts anderes als die Weibchen einer Schildlausart, der Nopalschildlaus, die auf verschiedenen Cactusarten lebt und in Mittel- und Süd-Amerika, in West- und Ost-Indien und am Cap gezüchtet wird. Die ungeflügelten Weibchen werden gesammelt, durch Hitze getödtet und bilden dann die Cochenille, der, nachdem sie zerrieben wurde, durch Wasser oder Alkohol der Farbstoff entzogen werden kann.

Ein dem Carmin ähnlicher Farbstoff, der Lac-Dye oder Lac-Lac, stammt ebenfalls von einer Schildlaus, die in Ost-Indien auf Bäumen, die zu den Ficusarten gehören, lebt. Sie sticht die Zweige an und aus den verletzten Stellen tritt dann gleichzeitig Harz und Farbstoff aus, der die Läuse umhüllt und mit ihnen zu rothen, oft sehr großen Massen erstarrt. Diese Massen werden gesammelt und als Stocklack in den Handel gebracht. Er wird gereinigt und liefert einerseits einen rothen Farbstoff, andererseits ein sehr geschätztes Harz, das unter dem Namen Schellack genügend bekannt ist. Auch die seidenglänzenden, fast weißen gedrehten Stränge, die Drogisten häufig zum Schmucke ihrer Auslagen benützen, sind Schellack, der vollständig entfärbt und gebleicht wurde.

Eine dritte Schildlausart liefert die Kermeskörner oder Alkermesbeeren, aus denen ein rother Farbstoff gewonnen wird, der zwar der Cochenille sehr nahe steht, aber doch minder werthvoll ist als der Carmin. In Europa wird er kaum mehr verwendet, dagegen gehen große Mengen nach dem Orient, um dort zur Färbung der Feze zu dienen — soferne diese nicht schon fix und fertig aus Böhmen bezogen werden.

So sehen wir, daß die Natur in ihren drei Reichen eine Fülle von Farben und Farbstoffen erzeugt, die sich der Mensch nutzbar zu machen gewußt hat, um sein Bedürfnis nach Farbe zu befriedigen. Schon die ältesten Völker suchten sich in heitere Farben zu kleiden, und die wilden, von der Cultur unbeleckten Volksstämme schmücken sich heute noch durch Bemalung ihrer Körper mit grellen Farben, theils um sich schöner, theils um sich für ihre Feinde abstoßender zu machen.

Diese Volksstämme bedienen sich aber nur weniger Farben, eben jener, die sie sich mit geringer Mühe selbst aus Farberden oder auf anderem Wege herstellen können. Auch in den civilisirten Ländern war man im Verhältnisse — wenn wir

Digitized by Google

den enormen Culturabstand berücksichtigen — bis vor wenigen Jahrzehnten nicht viel besser daran. Wohl hatte man eine sehr große Anzahl von Rohmaterialien zur Verfügung, wohl verstand man es durch klug ausgedachte Methoden und chemische Processe eine sehr große Anzahl von Farben zu erzeugen, die schließlich dem Bedarfe auch genügten.

Mit Beginn der zweiten Hälfte dieses Jahrhundertes kam aber der Farbenrausch über die civilisirte Welt. Im Jahre 1856 war es dem Assistenten A. W. Hofmann's, W. H. Perkin, vergönnt, nachdem Hofmann die Natur des Anilins eingehend erforscht hatte, den ersten Theerfarbstoff, das Mauveïn, aus Anilin, und zwar durch Oxydation einer Anilinsalzlösung mit Kaliumbichromat, herzustellen. Er erhielt einen schwarzen Niederschlag, der sich mit violetter Farbe in Alkohol löste. Diese Erscheinung bot auch zu jener Zeit nichts überraschendes mehr. Doch hatte Perkin den glücklichen Einfall, zu versuchen, wie weit die neue Substanz als Farbstoff zur Färbung von Geweben geeignet sei, und die Versuche gelangen über alles Erwarten. Hofmann weilte gerade zu dieser Zeit (Ostern 1856) nicht in London, als er zurückkehrte, fand er seinen Assistenten, den er mit der Erforschung der Constitution des Chinins beschäftigt glaubte, dabei, die erste Fabrik zur Herstellung von Theerfarbstoffen zu errichten.

Nun war aber die allgemeine Aufmerksamkeit der Fachkreise auf die Körpergruppe, die das Ausgangsmaterial zur Darstellung des ersten Theerfarbstoffes geliefert hatte, gelenkt, und nun jagte auch eine Entdeckung auf diesem Gebiete die andere und man schritt rasch von Erfolg zu Erfolg. Der nächste Theerfarbstoff, der aufgefunden wurde, war das Fuchsin, das an Farbenpracht das unscheinbare Mauveïn beiweitem übertraf und, da ihm das Mauveïn die Wege geebnet hatte, nun schon mit großer Leichtigkeit Eingang in die Färbereien fand.

Hatte man zunächst nur das Anilin, beziehungsweise das Benzol als Ausgangsmaterial zur Herstellung von Farben gewählt, so ging man bald daran, auch die anderen Stoffe, die bei der Verarbeitung des Steinkohlentheeres erhalten werden, auf ihre Eignung, Farbstoffe zu bilden, zu untersuchen. Auch hier hatten die Bemühungen zahlreicher Chemiker vollen, glänzenden Erfolg; ein Farbstoff nach dem anderen, einer immer prächtiger wie der vorhergehende, verließ die chemischen Laboratorien, um alsbald in Fabriken, die fast über Nacht entstanden, im Großen dargestellt zu werden. Dabei blieb man aber nicht stehen. Es gelang auch, einzelne Farbstoffe, die man bisher nur als Naturproducte kannte, wie Krapp und Indigo, auf künstlichem Wege darzustellen, und endlich gelangte man zu der großen Anzahl künstlicher Farbstoffe, die getreulich jede Farbenschattirung, die wir in der Natur beobachten können, wiederzugeben vermag, und der wir alljährlich neue, sogenannte „Modefarben" verdanken, die allerdings mitunter auch so aussehen, daß man sich freuen muß, sie im Farbenkasten der Natur nicht anzutreffen.

Den Einfluß, den die Entdeckung und die Ausgestaltung der Theerfarbstoffe auf die Chemie nahm, haben wir schon wiederholt kurz erwähnt. Der wissenschaftlichen Chemie wurden neue Gebiete erschlossen und sie wurde zu neuen Forschungen

Digitized by Google

und Untersuchungen angeregt. Die technische Chemie dagegen verstand es, aus den Folgerungen und Resultaten ihrer nur ideellen Zwecken dienenden Schwester neue Verfahren abzuleiten und sie umzumünzen in zahlreiche neue, theils farbenprächtige, theils riechende oder heilkräftige Stoffe, die wir schon gelegentlich der Verarbeitung des Steinkohlentheeres kennen lernten.

Aber auch die rein technische Seite der auf chemischer Grundlage beruhenden Industrien hat sehr viel durch die überraschende Entwickelung der Theerfarbenfabriken gewonnen. Hier handelte es sich darum, die im Laboratorium nur im kleinen Maßstabe durchgeführten Arbeiten in die Praxis zu übersetzen. Wo sich der Chemiker in seinem Laboratorium mit zugeschmolzenen Glasrohren behelfen kann, mußten erst zweckentsprechende Apparate ersonnen werden, Substanzen, die sich der Chemiker im Kochkolben oder in der Retorte in geringer Menge mühelos erzeugt, mußte man im Großen gewinnen. Man mußte sich auch erst daran gewöhnen, im Fabriksbetriebe mit Stoffen zu operiren, die theils durch ihren Preis, theils durch ihre Gefährlichkeit zunächst jeden Fabrikanten abschreckten, sich ihrer zu bedienen.

Doch vollzog sich dieser Umschwung überraschend schnell. Die zugeschmolzenen Glasrohre, in denen man verschiedene Körper bei höherer Temperatur und unter sehr hohem Drucke aufeinander einwirken läßt, wurden in den Autoclaven nachgebildet, man baute große mit Kühlvorrichtungen versehene Gefäße, in denen man den sehr heiklichen Proceß der Nitrirung vornimmt. Das theuere Jod und der gefährliche Phosphor wurden Rohmaterialien, deren Benützung bald als etwas selbstverständliches angesehen wurde, und so kam durch die eine neu geschaffene Industrie bald neues Leben in alle anderen chemischen Industrien, da sich diese die Errungenschaften ihrer jüngsten Schwester zunutze machten und durch deren rasches Anwachsen selbst zu einem rascheren Tempo der Entwickelung und des Ausbaues gezwungen und veranlaßt wurden.

Der Vater dieser gewaltigen und erfreulichen Bewegung, dieser wahren Revolution auf dem Gebiete der chemischen Industrie im Allgemeinen und der Farbenfabrikation im Besonderen war der Altmeister A. W. Hofmann. Der Entwickelungsgang dieses Mannes, dessen Name nie verblassen wird, ist aber so bezeichnend und interessant, daß er verdient, auch in diesem Buche mit der dem großen Geiste und Chemiker gebührenden Ehrfurcht festgehalten zu werden.

August Wilhelm v. Hofmann wurde am 8. April 1818 zu Gießen geboren. Er widmete sich zuerst der modernen Sprachwissenschaft, fühlte sich dann aber zu dem realeren Gebiete der Chemie hingezogen und begann seine chemischen Studien in der zweiten Hälfte der Dreißigerjahre an der Universität zu Gießen, wo er Schüler Liebig's wurde. Oft und mit Begeisterung erzählte Hofmann von dem Zauber, der von Liebig ausgegangen ist, und von dem anregenden Verkehre, der zwischen dem Lehrer und der um ihn versammelten lernbegierigen Schaar seiner Schüler bestand, von denen viele ihre Namen mit goldenen Lettern in die Annalen der Wissenschenschaft eingezeichnet haben.

Ein glücklicher Stern hat unseren Meister — wie Tiemann in seiner Gedächtnisrede auf Hofmann ausführt — bei seinen chemischen Arbeiten geleitet:

Digitized by Google

die erste von ihm eingehender untersuchte organische Verbindung ist eine Substanz, mit der sein Name für immer verknüpft ist. Das Studium derselben hat nicht nur die bedeutungsvollsten theoretischen Aufschlüsse gegeben, die Wissenschaft nicht nur mit einer Fülle der interessantesten Thatsachen bereichert, sondern auch zur Ausbildung der wichtigsten, täglich benützten Methoden und — last not least — zur Begründung einer großen Industrie geführt, welche, abgesehen von den daraus weiten Kreisen erwachsenen materiellen Vortheilen, rückwirkend die Entwickelung der organischen Chemie in eminentester Weise gefördert hat. Diese Substanz war das Anilin.

Dem Anilin und einer zweiten Base, über deren Natur Hofmann ebenfalls noch als Student Licht verbreitet hat, dem Chinolin, brachten die Chemiker alsbald lebhaftes Interesse entgegen, da die Hoffnung nicht unberechtigt erschien, daß ein sorgfältiges Studium dieser Base entweder zur künstlichen Darstellung der natürlichen Alkaloïde führen oder doch über die Natur derselben wichtige Aufschlüsse geben werde. Die Synthese der Pflanzenalkaloïde ist auch heute noch eine nur theilweise gelöste Aufgabe, aber der Weg zur endgiltigen Lösung wurde besonders durch die Arbeiten Hofmann's geebnet und gebahnt.

A. W. Hofmann.

Das Ausgangsmaterial zur Darstellung des in der Farbenindustrie so wichtigen und unentbehrlichen Anilins ist aber das Benzol, das von Faraday im Jahre 1826 aus den öligen Absätzen des aus Harzen und Fetten bereiteten Leuchtgases in kleinen Mengen isolirt wurde. Den Chemikern war diese Substanz erst zugänglich geworden, als Mitscherlich ihre Darstellung im Jahre 1834 aus Benzoesäure gelehrt hatte.

Wie wir wissen, wird heute Benzol in Tausenden von Tonnen alljährlich aus dem Steinkohlentheere gewonnen, es war aber Hofmann vorbehalten, es zuerst im Steinkohlentheere nachzuweisen. Sein Schüler Charles B. Mansfield hat wenige Jahre später in London unter Hofmann's Leitung die noch jetzt übliche Methode zur technischen Gewinnung der im Steinkohlentheere enthaltenen Kohlenwasserstoffe ausgearbeitet.

Digitized by Google

Mansfield ist aber leider der auf diese Versuche begründeten Industrie zum Opfer gefallen. Als er am 17. Februar 1854 für die Pariser Ausstellung mit der Destillation von Benzol in größerem Maßstabe beschäftigt war, stieg die Flüssigkeit über und entzündete sich, wobei er so schwere Brandwunden davontrug, daß er ihnen nach wenigen Tagen erlag. „Sie sehen die Asche von Charles B. Mansfield vor sich," sagte er mit wehmüthigem Sarkasmus zu Hofmann, als dieser am Abende des Unglückstages an das Schmerzenslager seines jungen Freundes geeilt war.

Um das Jahr 1840 wurde der Zudrang zu der Liebig'schen Schule so stark, daß sich Liebig gezwungen sah, ein Filiallaboratorium zu errichten, mit dessen Leitung Heinrich Will betraut wurde. Hofmann erhielt die Will'sche Stellung als Privatassistent Liebig's. Von dem täglichen Verkehre mit dem anregenden Lehrer gefesselt, war er mehrere Jahre in dieser Stellung geblieben. Schließlich gewann aber der Wunsch, sich auf eigene Füße zu stellen, die Oberhand, und im Frühling des Jahres 1845 etablirte sich Hofmann in Bonn, um dort zunächst Vorlesungen über Agriculturchemie zu halten.

Um diese Zeit hatte eine größere Anzahl hochgestellter und einflußreicher Männer Englands den Plan gefaßt, in London ein chemisches Laboratorium nach dem Muster des Liebig'schen zu begründen, die dazu erforderlichen Mittel wurden auf dem Wege der Subscription beschafft.

Das Protectorat hatte der Prinzgemahl übernommen, zu den Vicepräsidenten zählte die Blüthe der englischen Aristokratie. Unter einem aus nicht minder klangvollen Namen zusammengesetzter Vorstand sollte ein Secretär die Verwaltungsangelegenheiten besorgen, ein Schatzmeister und ein Gehilfe desselben waren gewählt, passende provisorische Räume gemiethet, und es fehlten nur noch die Lehrkräfte und die Studenten, um das Institut ins Leben treten zu lassen. Der Vorstand bat Liebig, geeignete Vorschläge für die Besetzung der neuen Professur zu machen. Liebig empfahl in erster Linie seinen ersten Assistenten R. Fresenius, den später zu hoher Berühmtheit gelangten Analytiker, und als dieser abgelehnt hatte, Heinrich Will und A. W. Hofmann. Von London aus erging demzufolge zunächst eine Berufung an Will, mit der Bitte, im Falle seiner Ablehnung ein beigefügtes Schreiben unverzüglich an Hofmann gelangen zu lassen. Will zog die freundliche Stadt an der Lahn dem nebeligen Inselreiche vor und beeilte sich, die Einlage dem nach ihm berufenen Freunde zuzustellen.

Im Herbste 1845 war der preußische Hof anläßlich eines militärischen Manövers nach Schloß Brühl gekommen und hatte dort eine große Anzahl Gäste um sich versammelt. Auch die Königin von England und ihr Gemahl Prinz Albert waren anwesend. Ihr Begleiter war der Leibarzt der Königin Sir James Clark, der dem Vorstande der in London zu errichtenden Chemieschule angehörte. Der preußische Gesandte in London Ritter Bunsen und der Cultusminister Eichhorn waren ebenfalls im Brühler Schlosse anwesend.

Digitized by Google

Sir James Clark und Ritter Bunsen verhandelten nun mit Hofmann weiter. Für den unternehmungslustigen Privatdocenten besaß der ehrenvolle Ruf viel Verlockendes, andererseits verhehlte er sich nicht, daß er, als Ausländer, in London ganz besondere Schwierigkeiten zu überwinden haben werde und daß der Erfolg des geplanten Unternehmens keineswegs von vornherein als gesichert anzusehen war. Deshalb machte er seine Zusage von der Ertheilung eines zwanzigmonatlichen Urlaubes abhängig, um für den Fall des Mißlingens in Bonn nicht an Anciennität zu verlieren.

Nach den Satzungen der Universität Bonn kann aber ein Privatdocent nur von der Facultät, und zwar nicht länger als auf ein Jahr beurlaubt werden; erst die Beurlaubung der Professoren fällt in den Wirkungskreis des Ministeriums. Die sich daraus ergebende Schwierigkeit beseitigte der Minister dadurch, daß er Hofmann auf Verwendung des Prinzen Albert zum außerordentlichen Professor beförderte und gleichzeitig den gewünschten Urlaub ertheilte. So ward Hofmann für London gewonnen.

Von der Arbeit ausruhend, erzählte Hofmann gern von seiner inhaltsreichen Vergangenheit, und es war immer ein Zeichen besonders guter Stimmung, wenn die Geschichte vom Bonner Extraordinarius an die Reihe kam. Dann schilderte er in seiner launigen Weise, wie Ritter Bunsen, der die Nachricht überbracht, ihn mit den entstandenen Schwierigkeiten zuerst geängstigt und dann mit der ungeahnten Ernennung in den siebenten Himmel gehoben hat.

Hofmann zog also über den Canal und in London gelang es ihm, dem erst 27jährigen Professor, binnen kurzer Zeit die chemische Schule zu organisiren und ihr Namen und Ansehen zu verschaffen. Im Jahre 1853 wurde sie vom Staate übernommen und als Royal College of Chemistry der mit dem Museum of Practical Geology verbundenen Royal School of Mines angegliedert. Dort machte er einen großen Theil seiner wichtigsten Entdeckungen, von dort strahlte sein Ruhm über die ganze Erde aus, als, wie wir schon geschildert haben, sein Assistent Perkin das Mauvein entdeckt hatte und nun Hofmann daranging, auf Grund eigener Beobachtungen die früher von ihm wenig beachteten Farbstoffe selbst näher zu untersuchen. Er hat auch in der Folge den Erzeugnissen der durch ihn ins Leben gerufenen Industrie der Theerfarbstoffe dauernd das größte Interesse entgegengebracht und die chemische Natur neuer, im Handel auftauchender Farbstoffe mehrfach früher aufgeklärt, als es den betheiligten Fabrikanten lieb war. „Wer am Ende des 19. Jahrhundertes seinen Fachgenossen ein chemisches Räthsel aufgiebt, muß sich darauf gefaßt machen, daß es bald errathen wird," sagte er, wenn die betheiligten Industriellen sich beklagten.

Hofmann's Ansehen war in London stetig gewachsen. Wo es galt, bei einer für die Allgemeinheit wichtigen Angelegenheit auch eine chemische Aufgabe zu lösen, wurde seine Mitwirkung erbeten. Seine Berichte über die bei den Ausstellungen zutage tretenden Leistungen der chemischen Industrie erfreuten sich der allgemeinen Anerkennung, sein Ruf als Gelehrter war fest gegründet und seine

Digitized by Google

eigenartige Stellung in der Weltmetropole hatte ihn in freundschaftliche Beziehung zu den großen Naturforschern fast aller Culturländer treten lassen; auch seine äußeren Verhältnisse hatten sich in befriedigendster Weise gestaltet.

Trotzdem hat die Liebe zum deutschen Vaterlande und ein tiefes Heimweh nach dem geistigen Hochlande einer deutschen Universität Hofmann bestimmt, angesichts dieser Errungenschaften, welche die Ergebnisse der Lebensarbeit so vieler Gelehrter weit überragten, seine glänzende Stellung aufzugeben, als zuerst von Bonn und dann von Berlin ein Ruf der Universität an ihn erging. Es galt den auf den Hochschulen Preußens sehr vernachlässigten chemischen Unterricht zu reorganisiren und zu dem Zwecke vor allem Laboratorien einzurichten, die allen Anforderungen der Neuzeit entsprachen. Wissenschaft und Industrie forderten dies gleichmäßig und Hofmann leitete noch von London aus den Bau des Bonner Laboratoriums. Er ging aber nicht erst nach Bonn, sondern von London gleich nach Berlin, wo er im Sommersemester 1865 seine akademische Thätigkeit aufnahm.

Die Ergebnisse seiner aus der in Berlin verlebten Zeit stammenden Experimentaluntersuchungen hat Hofmann in mehr als 150 Abhandlungen niedergelegt. Die meisten dieser Abhandlungen trug er in den Sitzungen der „Deutschen chemischen Gesellschaft“ zu Berlin vor, jener Vereinigung von Fachmännern, die in kurzer Zeit einen Weltruf erlangte und deren Präsident Hofmann bis an sein Lebensende war.

Aber nicht nur der Forscher, auch der Mensch Hofmann verdient unser Interesse und unsere Verehrung. Mit bewunderungswürdiger Thatkraft verfolgte er alle wissenschaftlichen Aufgaben und es bedurfte der Einsetzung aller Kräfte, um dauernd seine Anerkennung zu erringen.

Mit ungestümem Feuereifer schritt er — wie Tiemann erzählt — voran, und wenn er erst von einer Sache ergriffen war, so schienen leibliche Bedürfnisse für ihn nicht mehr zu existiren. Eine längere Mittagspause war unnütze Zeitvergeudung und die dem Schlafe gewidmeten Stunden wurden auf ein Minimum beschränkt. Es war selbst für junge Kräfte zu jener Zeit nicht leicht, mit Hofmann Schritt bei der Arbeit zu halten, und die zuweilen um 2 oder 3 Uhr Nachts an seine Assistenten gerichtete Einladung, nunmehr ein Glas Punsch zu trinken, da der Rest der Arbeit dann spielend zu erledigen sein werde, ist wohl nicht immer mit ungetheilter Freude begrüßt worden.

„Wenn wir nun an unserem Geiste die letzten 20 Jahre von Hofmann's Leben vorüberziehen lassen, so gesellt sich zu dem feurigen Streiter im Kampfe um die Fortschritte der Wissenschaft bald ein ernster Mann, dessen strenge Pflichterfüllung uns die höchste Anerkennung abnöthigt, der trotz der Fülle der auf ihm lastenden Berufsgeschäfte sein reiches Wissen und Können immer von neuem und nach den verschiedensten Richtungen in den Dienst der Allgemeinheit stellt und auf die Entwickelung vieler öffentlicher Angelegenheiten, so z. B. die Ausgestaltung der deutschen Patentgesetze, die Ausbildung des Gesundheitsamtes und vor allem der „Deutschen chemischen Gesellschaft“ den heilsamsten Einfluß ausübt.“

Digitized by Google

„Mit dem Fortschreiten der Jahre tritt neben dem Forscher und Lehrer immer mehr der Mann in den Vordergrund, der durch seine Liebenswürdigkeit bezaubert, der mit dem Verstande des Greises räth und sich mit dem Herzen des Jünglings über alles Gute, auf das er trifft, freut, der durch seine mit sprudelndem Humor gewürzten Plaudereien seine Zuhörer entzückt, der mit stets schlagfertigem, aber nie verletzendem Witz, wo die Geister aufeinander prallen, die aufgetauchten Schwierigkeiten zur Zufriedenheit aller Betheiligten schnell zu beseitigen weiß, der seine volle Jugendkraft bewahrt hat und der kein größeres Glück kennt, als anderen zu nützen und anderen Freude zu bereiten."

„Die Anforderungen, die er an die eigene Arbeitsleistung stellte, hat er bis zu seinem Lebensende nicht herabgemindert; das Schaffen war ihm eine Lust und nichts freute ihn mehr, als Abends im Kreise der Seinen zu berichten, daß er den schweren Anforderungen des Tages, ohne zu ermüden, gerecht geworden sei. Und mit dieser Schaffensfreudigkeit Hand in Hand gehen ein unerschütterlicher Lebensmuth und eine Anspruchslosigkeit, die ihn zu der glücklichsten Lebensauffassung befähigt haben."

„Freud' und Leid wechseln in jedem Menschenleben miteinander ab. Es gäbe kein Glück, wenn dem nicht so wäre. Sorge und Schmerz haben auch Hofmann nicht verschont und selbst die schwersten Schicksalsschläge sind ihm nicht erspart geblieben. Seine wunderbare geistige und körperliche Elasticität haben ihn trotz der Tiefe und Lebendigkeit seiner Empfindungen in den Stand gesetzt, die herbsten Verluste schließlich zu überwinden. Den Abend seines Lebens hat allerdings die Sonne eines beinahe ungetrübten Glückes beschienen, und die Schatten wollten an diesem Abend nicht länger werden. Gedächtnis und Phantasie, die sich mit der Zunahme der Jahre zu mindern pflegen, haben sich bei ihm immer reicher entfaltet und seine Kritik war in der Form zwar milder, in der Sache aber stets umfassender und zutreffender geworden. Neidlos die Verdienste Anderer anerkennend, erfreute er sich ohne allem Dünkel der Ehrungen seiner Fürsten und der ihm von Collegen, Fachgenossen und Mitbürgern dargebrachten Huldigungen."

Furcht vor dem Tode hat Hofmann's heitere Lebensauffassung niemals getrübt, wohl aber hat er seine Freunde oft gemahnt, den „Goldstaub der Zeit" zu nützen, und noch am letzten Tage seinen Zuhörern zugerufen, daß besonders ein Mann in seinen Jahren keine Stunde mehr zu verlieren habe. Oft hat er zu den Seinen gesagt: „Gern bleibe ich noch lange bei Euch, wenn es sein kann; ich bin es aber auch zufrieden, wenn geschieden sein muß."

„Der Tod, gefürchtet oder ungefürchtet, kommt unaufhaltsam."

Auch diesen Mann hat er ereilt. Viel zu früh nicht nur für jene, die ihn kannten und ihm näher standen, sondern für Alle, die seine segensreiche Kraft empfunden haben. Er schloß am 5. Mai 1892 zu Berlin die Augen. . . .

Doch kehren wir nun zu der Industrie, die Hofmann geschaffen, zur Fabrikation der Theerfarben zurück. Leider müssen wir es uns aber versagen, eingehend dieses hochinteressante Thema zu behandeln. Denn es ist dies eines der complicirtesten

Digitized by Google

Gebiete der organischen Chemie, das wir nun betreten wollen, und um es nur halbwegs und in seinen Grundzügen zu überblicken, sind chemische Kenntnisse und vor allem die Anwendung der dem Chemiker eigenen Zeichensprache und Darstellungsweise unerläßlich. Damit würden wir aber das uns gestellte Ziel, die Grundlagen der chemischen Großindustrien zu schildern, weit überschreiten. Trotzdem wollen wir versuchen, wenigstens andeutungsweise die Entstehungen der mit den Blüthen der Tropenländer an Farbenpracht wetteifernden Stoffe, der Theerfarben, zu zeichnen.

Das Ausgangsmaterial für diese Körper sind die bei der Destillation des Steinkohlentheeres gewonnenen Stoffe, allen voran das Benzol.

Behandelt man Benzol mit einem Gemische von Salpetersäure und Schwefelsäure, so tritt an die Stelle eines Wasserstoffatoms im Benzolmolecüle die aus 1 Atom Stickstoff und 2 Atomen Sauerstoff bestehende „Nitrogruppe", der Vorgang ist also der gleiche, wie wir ihn schon bei der Gewinnung des Nitroglycerins kennen lernten. Und analog bezeichnet man auch den durch die Einwirkung von Salpetersäure auf Benzol entstehenden Körper als Nitrobenzol. Wir sind ihm schon an einer früheren Stelle begegnet: das Nitrobenzol ist identisch mit dem Mirbanöl, das einen dem Bittermandelöle ähnlichen Geruch besitzt.

Das Nitrobenzol ist aber seinerseits wieder das Zwischenproduct, aus dem wir Anilin darzustellen vermögen. Trägt man Eisenfeilspäne in Salzsäure ein, so entwickelt sich Wasserstoff und gleichzeitig entsteht Eisenchlorid. Im Augenblicke seiner Entstehung ist aber der Wasserstoff mit besonderen Eigenschaften begabt: er vermag dann aus manchen chemischen Verbindungen Sauerstoff herauszuziehen, um sich mit ihm zu Wasser zu vereinigen; diese Eigenschaft kommt dem Wasserstoffgase, das wir in einer Gasglocke aufgefangen haben, nicht mehr zu. Nur im Augenblicke seiner Geburt, in dem Momente, in dem er sich aus einer Verbindung losreißt, ist er im Stande, die dauerhafte Ehe mit dem Sauerstoffe einzugehen: der „nascirende" Wasserstoff reducirt.

Rührt man nun Nitrobenzol, Eisenfeilspäne und Salzsäure zusammen, so geht der geschilderte Vorgang vor sich. Der nascirende Wasserstoff reducirt die Nitrogruppe zu einem Atomcomplex, der aus 1 Atom Stickstoff und 2 Atomen Wasserstoff besteht, diese sind an Stelle der beiden Sauerstoffatome getreten, mit denen ein anderer Theil des nascirenden Wasserstoffes Wasser gebildet hat. Und nun haben wir wieder eine neue Verbindung, aber mit ausgesprochen basischen Eigenschaften, das Anilin, erhalten. Seine basischen Eigenschaften kommen dadurch zum Ausdrucke, daß es mit anorganischen Säuren Salze bildet. In der Lösung nach der Reduction ist es daher als salzsaures Anilin vorhanden, aus dem durch Destillation mit Wasserdampf nach Zugabe von Kalk zur Bindung der Salzsäure das Anilin abgeschieden wird. — Der Name „Anilin" ist von der spanischen Benennung des Indigo, „añil", abgeleitet, da es zuerst im Jahre 1826 von Unverdorben bei der trockenen Destillation des Indigos erhalten wurde; damals führte das noch sehr unreine Präparat, dem nur wissenschaftliches Interesse zukam, den Namen „Krystallin".

Digitized by Google

Man kann aber auch mehrere Nitrogruppen in das Benzol einführen und diese in der gleichen Weise reduciren, die dadurch entstehenden Körper nennt man Phenylendiamine. Auch sie sind höchst wichtige Zwischenproducte zur Gewinnung von Theerfarben.

Das Anilin selbst kann zwar schon zur Herstellung von Theerfarbstoffen, wie wir gleich sehen werden, dienen, doch benöthigt man für andere Arten derselben weitere Umwandlungsproducte des Benzols, die man ihrerseits wieder aus dem Anilin gewinnt.

Kocht man beispielsweise salzsaures Anilin und Methylalkohol im Autoclaven bei 270 bis 280°, so tritt die aus einem Kohlenstoff- und drei Wasserstoffatomen bestehende Methylgruppe an die Stelle eines Wasserstoffatoms in der aus einem Stickstoff- und zwei Wasserstoffatomen bestehenden „Amidogruppe" des Anilins, dadurch entsteht aber ein neuer Körper, das Methylanilin. In ähnlicher Weise wird das ihm sehr nahe stehende, technisch wichtige Dimethylanilin erhalten, ein Anilin, dessen beide Wasserstoffatome der Amidogruppe durch je eine Methylgruppe ersetzt sind.

Doch sehen wir uns nun an einigen Beispielen an, wie aus den erwähnten Zwischenproducten, die noch lange keine Farbstoffe sind, die prächtigen Theerfarben erhalten werden. Perkin stellte das Mauvein dar, indem er schwefelsaures Anilin mit chromsaurem Kalium oxydirte. Er erhielt einen schwarzen Niederschlag, der sich mit violetter Farbe in Alkohol löste, und er fand, daß man mit dem neuen Körper Seide in vollkommen befriedigender Weise färben konnte. Er hatte also auf künstlichem Wege einen „Farbstoff" erhalten, denn durchaus nicht jeder Stoff, der uns durch seine Farbe erfreut, ist — wie wir im nächsten Abschnitte sehen werden — gleichzeitig auch ein „Farbstoff" im Sinne des Färbers.

Die Entdeckung Perkin's machte berechtigtes Aufsehen und nun erinnerte Hofmann daran, daß schon ein anderer Chemiker, Natanson, gelegentlich aus Anilin einen rothen Farbstoff erhalten hatte. Es gelang A. W. Hofmann, ihn durch Einwirkung von Tetrachlorkohlenstoff auf Anilin darzustellen, doch fehlte es noch an einer Methode, die auch in der Praxis Anwendung finden konnte.

Die Lösung dieses Problems ist das Verdienst Professor Verguin's zu Lyon. Er benützte als Oxydationsmittel des Anilins trockene Metallchloride, die er bei höheren Temperaturen einwirken ließ, und erhielt einen prächtigen rothen Farbstoff, den er nach der Farbe der Blüthe der Fuchsie „Fuchsin" benannte.

Im Großen wird das Fuchsin in der Weise hergestellt, daß man Anilin mit syrupförmiger Arsensäure oxydirt. Man erhält eine gelbe Schmelze mit goldig schimmerndem Bruche, aus der der Farbstoff durch Extraction gewonnen wird.

Durch die Einwirkung der Arsensäure auf das Anilin entsteht aber ein neuer, basischer Körper, das Rosanilin, und zwar erhält man zunächst — in analoger Weise, wie bei der Gewinnung des Anilins zuerst salzsaures Anilin gewonnen wird — arsenigsaures Rosanilin. Fügt man seiner Lösung Kochsalz zu, so setzt es sich mit diesem in salzsaures Rosanilin (Fuchsin) und arsenigsaures Natrium um und salzsaures Rosanilin krystallisirt aus.

Digitized by Google

Zwar gelingt es auf diese Weise, das Arsen wegzuschaffen, doch hinterbleiben immer noch geringe Mengen, die das Fuchsin, wenn es nach diesem Verfahren hergestellt wird, für viele Zwecke unbrauchbar machen. Das reine Rosanilin dagegen ist vollkommen unschädlich und es handelte sich, um es für alle Zwecke brauchbar zu machen, darum, ein Verfahren zu seiner Darstellung aufzufinden, bei dem Arsen nicht Verwendung findet.

Dies gelang Coupier, und zwar dadurch, daß er als Oxydationsmittel Nitrobenzol verwendete. Man verwandelt das zu oxydirende Anilin zunächst durch Zugabe von Salzsäure in salzsaures Anilin, giebt dann noch Anilin zu, dann Nitrobenzol und schließlich Eisenfeilspäne, wodurch die Reaction befördert wird. Man erhitzt, destillirt nach erfolgter Umsetzung das unveränderte Anilin und Nitrobenzol ab und reinigt das hinterbleibende salzsaure Rosanilin durch Umkrystallisiren.

So einfach dieses Verfahren auch an und für sich ist, so complicirt sind die chemischen Vorgänge, die sich dabei abspielen, und es hat fast dreißig Jahre mühevoller Arbeit bedurft, um sie richtig zu erklären. Und dabei hat man gefunden, daß vollkommen reines Anilin überhaupt kein Rosanilin liefert, sondern es muß aus einem Benzol gewonnen werden, das auch Toluol enthält, wie dies beim technischen Benzol stets der Fall ist. Aus dem Toluol entsteht dann Nitrotoluol, aus diesem durch Reduction Amidotoluol oder Toluidin. Und erst in Gemeinschaft mit dem Toluidin ist das Anilin im Stande, bei der Oxydation Rosanilin zu geben.

Behandelt man siedendes Toluol mit Chlorgas, so entsteht ein neuer Körper, das Benzalchlorid. Erhitzt man es mit Kalkmilch, so tauscht die Verbindung Chlor gegen Sauerstoff aus und es entsteht Benzaldehyd oder künstliches Bittermandelöl. Bringt man nun solches künstliches Bittermandelöl und Dimethylanilin, dessen Darstellung wir schon besprachen, bei Gegenwart wasserentziehender Mittel wie Chlorzink zusammen, so erhält man ein farbloses Salz, das Tetramethyldiamidotriphenylmethan. Dieser Körper mit dem langen Namen ist aber die sogenannte „Leukobase" eines ebenso schönen als werthvollen Farbstoffes, des Malachitgrüns. Behandelt man ihn mit einem Oxydationsmittel, beispielsweise indem man das Tetraamidotriphenylmethan in Salzsäure löst und Braunstein zufügt, so nimmt die Lösung bald eine herrliche, grüne Farbe an und aus ihr kann der eigentliche Farbstoff, das Malachitgrün, gewonnen werden.

Fuchsin und Malachitgrün sind aber zwei Farbstoffe, die in verhältnismäßig einfacher Weise dargestellt werden können. Sehen wir aber, auf welche Art der Krappfarbstoff, das künstliche Alizarin erhalten wird! Das Ausgangsmaterial zur Herstellung dieses wichtigen Farbstoffes ist das Anthracen, durch Oxydation wird es in eine neue Verbindung, das Anthrachinon übergeführt. Erhitzt man dieses mit concentrirter Schwefelsäure, so entsteht Anthrachinonsulfosäure, die mit Aetzkali geschmolzen, endlich Alizarin liefert.

Zur Darstellung von Anthrachinon wird das sehr fein gepulverte Anthracen mit verdünnter Schwefelsäure und Kaliumbichromat oxydirt. Man bringt in einen

Digitized by Google

mit Blei ausgeschlagenen und mit einem Rührwerke versehenen Holzbottich, der 3000 l faßt, 100 bis 150 kg Kaliumbichromat und 1500 l Wasser, worauf man durch einströmenden Dampf zum Kochen erhitzt. Dann werden langsam 100 kg Anthracen eingetragen und gut verrührt, und nun läßt man unter beständigem Umrühren stark verdünnte Schwefelsäure, die 140 bis 210 kg concentrirte Schwefelsäure enthält, zufließen. Der Zufluß der Schwefelsäure wird über 9 bis 10 Stunden vertheilt, dann kocht man noch kurze Zeit, und trennt endlich das Rohanthrachinon von der Lösung, man erhält 115 bis 120 kg eines röthlich-gelben Pulvers, das aber noch der weiteren Reinigung bedarf. Es wird in concentrirter Schwefelsäure gelöst und unter beständigem Rühren auf 110° erhitzt, worauf man nach dem Erkalten das Anthrachinon durch Verdünnen mit der 20fachen Wassermenge ausfällt. In einer Filterpresse wird es dann gesammelt, man erhält ein schwach graues oder gelblich-grünes Pulver, und zwar bei Verarbeitung von 100 kg Anthracen etwa 60 kg.

Zur Darstellung von Anthrachinonsulfosäure werden 100 kg dieses Anthrachinons mit 100 kg Schwefelsäure in einem gußeisernen, emaillirten Kessel erhitzt. Das unveränderte Anthrachinon (etwa 20 bis 25%) wird in einer Filterpresse zurückbehalten und das Filtrat mit Natronlauge neutralisirt, dann scheidet sich anthrachinonsulfosaures Natrium in Form weißer, silberglänzender Blättchen ab.

Als dritter Proceß folgt nun die Darstellung des Alizarins. Man bringt in einen liegenden, mit einer Rührvorrichtung versehenen Kessel 100 kg anthrachinonsulfosaures Natrium, 250 bis 300 kg Natriumhydroxyd und 12 bis 14 kg Kaliumchlorat als Oxydationsmittel, und so viel Wasser, als zur Verflüssigung des Gemenges erforderlich ist. Dann schließt man den Kessel und erhitzt unter beständigem Umrühren zwei Tage lang auf 180°. Die Schmelze wird endlich in Wasser gelöst und mit Salzsäure oder Schwefelsäure übersättigt. Dabei scheidet sich das Alizarin als gelber Niederschlag aus, der in einer Filterpresse von der Lösung abfiltrirt und mit Wasser gewaschen wird.

Diese drei Beispiele mögen genügen, uns wenigstens einen Begriff von der Herstellung der Theerfarbstoffe im Allgemeinen zu geben. Heute werden über 400 Theerfarbstoffe fabriksmäßig hergestellt und einzelne Fabriken, die Theerfarbstoffe erzeugen, sind zu kleinen Städten angewachsen. Werfen wir aber nur einen Blick in die Patentliteratur, so sehen wir, daß fast täglich neue Patente angemeldet werden, die die Darstellung neuer oder die Verbesserung der Darstellung schon bekannter Farbstoffe bezwecken.

Heute überläßt man eben die Auffindung neuer farbenprächtiger Körper nicht mehr dem Zufalle. Jede große Theerfarbenfabrik besitzt ein wohl eingerichtetes, mit allen Hilfsmitteln versehenes Laboratorium, in dem zahlreiche Chemiker thätig sind, um auf planmäßigem, überlegtem und durchdachtem Wege neue Körpergruppen in solcher Weise zu vereinen, daß die entstehenden Verbindungen Farbstoffe sind.



Digitized by Google

Diese planmäßige Forschung auf einem durchaus nicht enge umschriebenen, sondern im Gegentheile sehr großen Gebiete der organischen Chemie hat diese ganz ungemein gefördert und ausgebaut. Unser ganzes modernes Wissen über die Körper der „aromatischen Reihe", als deren unterstes Glied wir das Benzol kennen lernten, ist auf die Entdeckung der Theerfarbstoffe zurückzuführen. Die wissenschaftliche Forschung auf diesem Gebiete, die stets aus und durch die Praxis neue Nahrung und neuen Ansporn erhielt, beschränkte sich aber nicht nur auf die Ergründung dem Auge sichtbarer und greifbarer Thatsachen und Reactionen. Sie veranlaßte auch den Ausbau der chemischen Wissenschaft nach einer anderen Richtung, sie regte zu Speculationen an über die Lagerung der Atome im Raume und schuf in dieser Richtung Theorien, die sich vermöge ihrer Genialität und ihrer Bedeutung ebenbürtig dem Lehrsatze Kant-Laplace's zur Seite stellen. Und wie dieser Lehrsatz, der die Abstammung des gesammten, uns sichtbaren Weltensystemes auf einen einzigen Centralkörper zurückführt, durch zahlreiche neue Entdeckungen und Wahrnehmungen gestützt und immer wahrscheinlicher gemacht wird, so ist es auch bei den Theorien über die Lagerung der Atome im Raume der Fall. Kekulé, van't Hoff und Wislicenus haben ihre Namen für ewige Zeiten mit diesen höchsten Problemen der Chemie in Zusammenhang gebracht; der geistige Urheber, der den Stein ins Rollen brachte, ist und bleibt aber A. W. Hofmann.

Und durch seine Initiative ging die moderne Chemie daran, die Schätze, die Jahrtausende in der Erde gelegen, die Steinkohle, zu verwerthen. Unter dem Einflusse des Sonnenlichtes ist sie dereinst entstanden, die moderne Chemie zerlegt sie wieder in die drei Elemente: Wärme, Licht und Farbe. In den Theerfarben bringt die Chemie die höchste Farbenpracht der Natur zur Wiedergabe, unter Verwendung von Naturproducten, die sie nach ihrer Weise umformt und modelt und zwingt, sich nach ewigen Naturgesetzen zu verbinden und zu trennen.

Und wie Laplace mit seinem Blicke das All umfaßte und im Geiste bis in die fernsten Regionen vordrang, und wie er sich zurückversetzte in die graue Vorzeit, da alle Elemente, die wir kennen und die wir heute zum Aufbaue der herrlichen Theerfarbstoffe verwenden, noch als ein feuriger Gasball im Weltenraume rotirten — so drangen die geistigen Augen der genannten drei Chemiker in den Mikrokosmus des Moleküles ein und zeigten auf Grund ihrer Forschungen, wie die Atome im Raume gelagert sein können und müssen.

Und diese Erkenntnis, diese Theorien verdanken wir in letzter Linie dem genialen Forscher A. W. Hofmann, dem Begründer der Industrie der Theerfarben.

Digitized by Google

# Färberei und Zeugdruck.

Im vorhergehenden Abschnitte haben wir die Gewinnung zahlreicher Farbstoffe kennen gelernt. Wir wollen jetzt sehen, in welcher Weise sie in der Färberei verwendet werden und auf welchen Principien dieses uralte Gewerbe beruht. Auch hier betreten wir wieder ein Gebiet, das seine großartige Entwickelung, die es während der letzten Jahrzehnte zu verzeichnen hat, ausschließlich den Fortschritten der Chemie verdankt. Ursprünglich nur nach Recepten betrieben, die einzig und allein die Erfahrung dictirte, weiß man sich heute von jedem Vorgange genau Rechenschaft zu geben, seit die Chemie ihre Aufmerksamkeit der Färberei zugewendet hat. Das Feld, das sie hier für ihre Wirksamkeit vorfand, war so ausgedehnt, so reichhaltig und so nützlich, daß sich nach und nach ein besonderer Zweig der angewandten Chemie entwickelte, der sich ausschließlich mit den bei der Färberei in Frage kommenden Vorgängen befaßt und den man mit dem Namen „Tinctorialchemie" zu bezeichnen pflegt.

Schon die ältesten Völker, von denen wir Nachrichten besitzen, kannten gewisse Verfahren, um den Geweben eine angenehme Farbe zu ertheilen. Während heute aber ungefärbte Stoffe nur zu bestimmten Zwecken verwendet werden, und die gefärbte Waare einen billigen Handelsartikel bildet, war dies zu jenen Zeiten anders. Gefärbte Stoffe spielten geradezu die Rolle von Schmuck- und Luxusgegenständen, die Gewänder, in die man die Statuen von Gottheiten hüllte, waren aus kostbarem, gefärbtem Zeuge verfertigt, und der Purpur war das Symbol der höchsten Würde.

Allerdings war die Abwechslung, die ägyptische und römische Färber den von ihnen gefärbten Stoffen zu geben wußten, durchaus nicht groß. Man kannte nur wenige Pflanzenfarbstoffe, und selbst Plinius spricht nur von roth und blau, grün, orange, grau und weiß. Im 12. und 13. Jahrhunderte waren namentlich



Digitized by Google

die Färbereien zu Florenz wegen der Farbenpracht, die sie zu erzeugen wußten, berühmt, damals war schon die Kenntnis der natürlichen Farbstoffe um einige wichtige Arten vermehrt worden, auch die rein technische Seite der Färberei war im Aufschwunge begriffen.

Als dann Amerika entdeckt wurde, bezog man von dort zahlreiche und brauchbare Farbstoffe, wie Blau- und Rothholz, Orleans, Cochenille u. s. f. Zu Beginn des 16. Jahrhundertes wurde man in Europa mit dem Krapp, der bis dahin nur im Oriente cultivirt wurde, bekannt, die ersten Pflanzungen wurden in Schlesien angelegt, dann folgte Holland, und 100 Jahre später treffen wir diese seinerzeit so wichtige Färbepflanze schon im südlichen Frankreich an. Um die Mitte des 16. Jahrhundertes war auch eine wichtige, rein chemische Entdeckung auf dem Gebiete der Färberei gemacht worden, für die man sich allerdings damals keine Erklärung wußte. Cornelius Drebbel hatte nämlich gefunden, daß sich bei Färbung mit Cochenille die Verwendung des Zinnsalzes ungemein bewährt und er stellte Erzeugnisse her, die den alten Purpur der Römer an Schönheit beiweitem übertrafen.

Die Einführung der neuen, aus Amerika stammenden Farbmaterialien vollzog sich aber durchaus nicht so glatt, wie man angesichts der eminenten Tauglichkeit dieser Producte glauben sollte. Auch hier haben Unverstand und Brotneid den Fortschritt zwar nicht aufzuhalten vermocht, doch verzögert. Als man nämlich um die Mitte des 16. Jahrhundertes Blauholz und Indigo in England einführte, lehnten sich die Waidfabrikanten dagegen auf und setzten richtig durch, daß die Einfuhr verboten, die im Lande befindlichen Vorräthe vernichtet und die Verwendung des Indigo sogar mit dem Tode bedroht wurde!

Man war aber mit den neuen Stoffen bekannt geworden, und als das Verbot im Jahre 1737 aufgehoben wurde, währte es nicht lange, bis man allgemein von Blauholz und Indigo Gebrauch machte. Gleichzeitig lernte man aber neue Farben und Färbemethoden kennen, immer war die Färberei aber ein nur rein empirisch betriebenes Gewerbe.

Erst als sich die Chemie eingehend mit den Vorgängen, die sich bei der Färberei abspielen, beschäftigte, als man genau das Verhalten der Stoffe, die man benützte, um die Farben auf den Geweben zu fixiren, die Beizen, studirte, folgte eine Verbesserung der anderen. Und als endlich die Theerfarben auf dem Markte erschienen, stand den Färbern eine Mannigfaltigkeit von Farben zur Verfügung, von der man sich vor 100 Jahren nichts träumen ließ. Von der größten Bedeutung war es endlich noch, daß es der Chemie gelang, einzelne, dem Pflanzenreiche entstammende Farben auf künstlichem Wege herzustellen, wie den Krappfarbstoff, das Alizarin, und den künstlichen Indigo. Für die Färberei waren diese Entdeckungen allerdings sehr wohlthätig, nicht aber für den Krappbau, der seither alle und jede Bedeutung verloren hat, wodurch wieder tausende Menschen ihre bis dahin lohnende Beschäftigung einbüßten.

Das Färben der Gespinnstfasern kann in sehr verschiedener Weise vorgenommen werden. So können wir mit Hilfe eines Bindemittels jeden unlöslichen

Digitized by Google

Farbstoff auftragen, wenn er nur genügend fein gepulvert ist. Eine solche Färbung wäre aber nur wenig haltbar, denn schon durch die Reibung würde sich der Farbstoff nach und nach wieder ablösen.

Ein weit besseres Resultat werden wir dagegen erhalten, wenn wir die Farbe erst in der Faser erzeugen. Wie wir wissen, entsteht Chromgelb durch Vereinigung zweier Lösungen, deren eine Bleiacetat enthält, während die andere aus Kaliumchromat bereitet wurde. Treffen diese beiden zusammen, so wird unlösliches chromsaures Blei ausgeschieden. Diese chemische Reaction können wir uns aber zunutze machen. Tränkt man beispielsweise ein Gewebe zuerst mit einer Lösung von Bleiacetat, so wird die Lösung nicht nur an der Oberfläche haften, sondern auch auf osmotischem Wege die Zellwandungen durchdringen und den Zellraum erfüllen. Bringen wir nun das Gewebe in eine Lösung von Kaliumchromat, so wird sie ebenfalls in das Innere eindringen und überall dort, wo sie mit dem Bleiacetat zusammentrifft, wird sich Chromgelb abscheiden. Der Farbstoff haftet dann nicht allein auf der Faser, sondern er befindet sich zum Theile auch in ihr, und dadurch ist schon die Gewähr für eine weit größere Dauerhaftigkeit der Färbung gegeben.

In der Färberei bedient man sich aber fast ausschließlich der vegetabilischen und der Theerfarbstoffe und diesen Farbstoffen gegenüber zeigen die Gespinnstfasern ein sehr verschiedenes Verhalten. Thierische Fasern, wie Schafwolle, nehmen die meisten Farbstoffe leicht auf und halten sie fest. Bringt man also ein Schafwollgewebe in die Lösung eines solchen Farbstoffes, so schlägt sich der Farbstoff von selbst auf der Faser nieder, das gleiche Verhalten zeigen manche Farbstoffe gegenüber pflanzlichen Fasern, wie Baumwolle; Farbstoffe, die die Eigenschaft besitzen, die Faser direct zu färben, nennt man *substantive Farbstoffe*.

Vielen Farbstoffen geht aber diese Eigenschaft ab, und um sie trotzdem mit der Faser innig zu verbinden, muß man zu besonderen Hilfsmitteln greifen. Bei Besprechung der Herstellung der Farben haben mir schon gesehen, daß viele vegetabilische Farbstoffe sogenannte „Lacke" bilden, d. h. sie geben mit Metallsalzen unlösliche Niederschläge. Auch in der Färberei bedient man sich zur Befestigung dieser „*adjectiven*" Farbstoffe eines ähnlichen Verfahrens. Man tränkt zuerst das zu färbende Gewebe mit der „Beize", mit Lösungen von Metallsalzen und bringt es dann erst mit dem Farbstoff zusammen, der mit der Beize einen Farblack bildet. Man kennt aber auch Beizen, die sich nicht nur mit dem Farbstoffe, sondern auch mit der Faser verbinden, es entsteht dann eine unlösliche Verbindung, die aus der Faser, der Beize und dem Farbstoffe besteht und dann natürlich besonders fest sitzt.

Als *Beizen* verwendet man Lösungen von Thonerde-, Zinn-, Eisen-, Chrom-, Zink- und Mangansalzen. Bei der großen Auswahl von Farbstoffen, die dem Färber zur Verfügung steht, ist es leicht begreiflich, daß es keine Beize giebt, die gleichmäßig für alle Farbstoffe Anwendung finden könnte. Die große Anzahl der Farbstoffe, ihre verschiedenen Eigenschaften und der Umstand, daß sie theils substantiv, theils adjectiv sind, macht es aber auch begreiflich, daß fast jeder

Digitized by Google

Farbstoff eigens behandelt sein will, soll er eine tadellose Färbung liefern. Es ist auch hier nicht unsere Aufgabe, die in der Färberei üblichen Verfahren in allen Einzelheiten zu besprechen. Vielmehr müssen wir uns, des großen Umfanges dieses Gebietes wegen darauf beschränken, die Grundzüge der Färberei kennen zu lernen.

Baumwolle wird sowohl als Garn wie als Gewebe gefärbt, mitunter aber auch im ungesponnenen Zustande, wenn sie zur Herstellung der Vigogne, einer Mischung von ungesponnener Wolle und Baumwolle dienen soll. Bevor jedoch das Färben vorgenommen werden kann, muß die Baumwolle noch einigen vorbereitenden Operationen unterworfen werden. Hieher gehört beispielsweise das Bleichen, man bleicht gewöhnlich die Baumwolle aber nur dann, wenn sie sehr hell gefärbt werden soll. Doch ist es unerläßlich, die Baumwolle mit schwacher Lauge zu kochen, um sie einerseits vollständig zu entfetten und sie andererseits mit Wasser zu durchtränken, denn lufthaltiges Material wird nicht gleichmäßig gefärbt.

Da die Verwandtschaft der meisten Farbstoffe zur Baumwollfaser nur sehr gering ist, muß sie fast immer gebeizt werden. Man bringt sie zu diesem Zwecke in das Beizbad, das sich in hölzernen Kufen befindet und färbt dann in dem Färbebade aus.

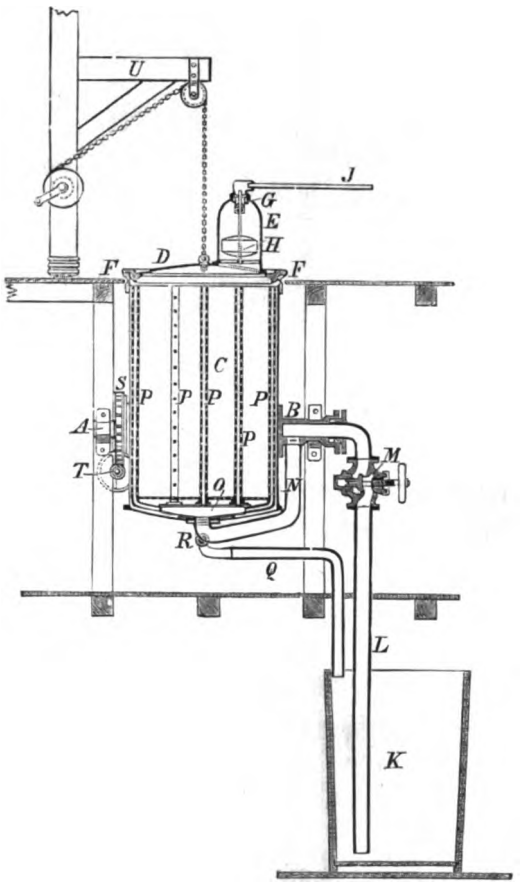
Noch einfacher ist das Verfahren, wenn die Färbung mit substantiven Farbstoffen vorgenommen werden soll. Dann löst man den Farbstoff in Wasser, fügt Marseiller Seife und eventuell Kochsalz hinzu und erwärmt auf 40°. Bei dieser Temperatur wird mit der genetzten Waare eingegangen, worauf man zum Kochen erhitzt und die Baumwolle so lange in dem kochenden Bade beläßt, bis die gewünschte Farbennuance erlangt wurde. Dann wird die Waare gewaschen und getrocknet.

Das Färben loser Baumwolle verursachte früher ziemlich bedeutende Schwierigkeiten, die hauptsächlich dadurch entstanden, daß die der trockenen Baumwolle anhaftende und in ihren Poren sitzende Luft nur sehr schwer zu entfernen ist und das Eindringen der Farbstofflösung verhindert. Dagegen bietet es aber so viele Vortheile, daß man sich mit Erfolg bemühte, durch geeignete Vorrichtungen die Luft aus der Faser zu entfernen. Im Wesentlichen sind diese Vorrichtungen Vacuumapparate; einen solchen (System Jagenburg) zeigt die Abbildung auf Seite 871.

Der cylindrische Vacuumkessel C ist aus Kupfer oder Eisen verfertigt und ruht auf den beiden Zapfen A und B, der Deckel D wird durch den in einer Nuth liegenden Kautschukring F abgedichtet. Die Farbflüssigkeit wird aus dem Gefäße K durch den hohlen Zapfen B eintreten gelassen, sobald der Kessel C mit Hilfe einer Luftpumpe evacuirt ist. Die Farbflüssigkeit steigt dann durch das Rohr L empor, passirt das Ventil M und gelangt durch das Rohr N in die am Boden des Kessels befindliche hohle Platte O, auf der mehrere durchlöcherte, zur besseren Vertheilung der Farbflüssigkeit bestimmte Rohre P befestigt sind. Das zu

Digitized by Google

färbende Material, 50 bis 250 kg Baumwolle, wird auf die über dem Boden befindliche durchlochte Platte gelegt, durch den Dom G und das Rohr J steht das Innere des Kessels mit der Luftpumpe in Verbindung. Das im Dome angebrachte Ventil GH verhindert den Uebertritt von Farblösung nach der Pumpe. Nach dem Färben fließt die Flüssigkeit durch das Rohr G wieder in das Gefäß K zurück und kann neuerdings verwendet werden. Der Apparat wird entleert, indem man den Deckel mit Hilfe der über die Rolle U laufenden Kette abhebt und den Kessel mit Hilfe des Schneckenrades AT kippt.




Vacuumvorrichtung zum Färben loser Baumwolle. (System Jagenburg.)

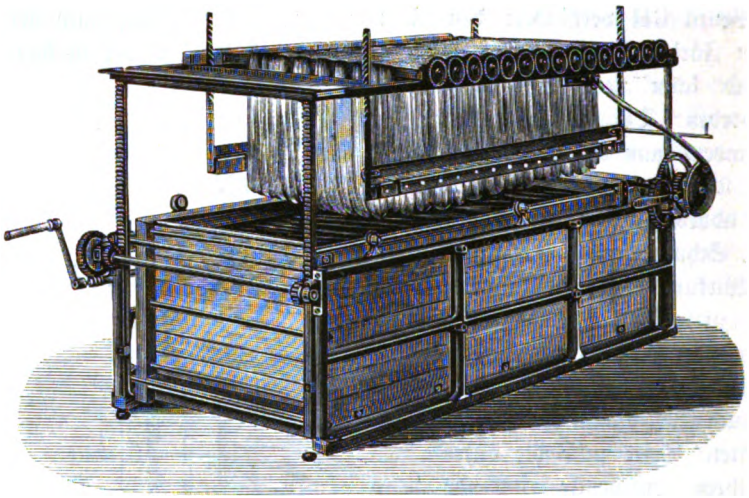
Die Wirkung dieser Vorrichtung ist leicht zu erkennen. Mit Hilfe der Luftpumpe entfernt man nicht nur die im Kessel befindliche Luft, sondern auch jene, die an der Baumwolle haftet. Tritt nun die unter gewöhnlichem Luftdrucke stehende Farblösung hinzu, so wird sie die lose Baumwolle vollständig durchdringen und in allen Theilen gleichmäßig färben.

Soll Baumwollgarn gefärbt werden, so werden die einzelnen Strähne über Stöcke gehangen, die auf den einander gegenüberliegenden Rändern einer Färbewanne aufliegen. Um eine gleichmäßige Färbung zu erzielen, wird von Zeit zu Zeit die Lage des Garnes verändert, es wird mit der Hand umgezogen; dadurch erreicht man auch, daß die Färbeflüssigkeit, die naturgemäß in den den Strähnen zunächst liegenden Theilen ärmer an Farbstoff werden muß, gemischt wird. Gleichzeitig werden auch die Strähne umgehängt, damit die aus dem Bade herausragenden Theile ebenfalls von der Flüssigkeit benetzt werden.

In großen Betrieben würde man aber mit der Handarbeit nie und nimmer auslangen und den Anforderungen entsprechen können. Man verwendet deshalb Färbemaschinen, die nicht nur die Handarbeit in sehr glücklicher Weise ersetzen, sondern auch ein weit rascheres und exacteres Arbeiten gestatten.

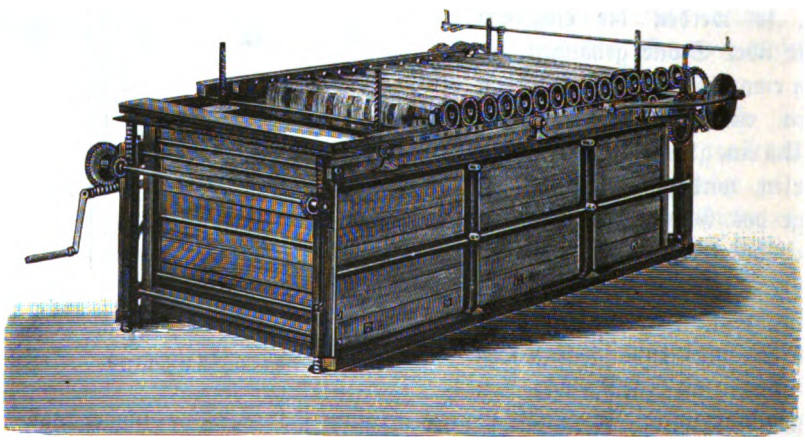
Digitized by Google

Die Einrichtung dieser Maschinen ist verhältnismäßig einfach. So hängen beispielsweise bei der Strangfärbemaschine von Uhlmann die Garne auf einem



Strangfärbemaschine von Uhlmann.

verticalen Rahmen über Rollen, die in Umdrehung versetzt werden können. Bei Beginn des Färbens wird der ganze Rahmen mit den daranhängenden Garnen in



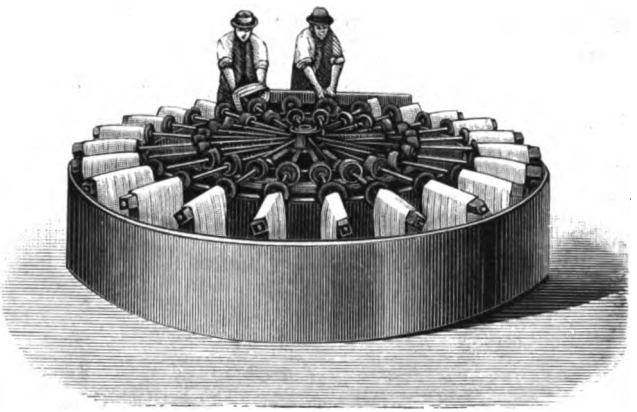
Strangfärbemaschine von Uhlmann (in Thätigkeit).

die Farbflüssigkeit gesenkt, gleichzeitig werden die Rollen in Umdrehung versetzt, so daß alle Theile des Stranges gleichmäßig die Flüssigkeit passiren.

Ist das Färben beendet, so muß das Garn gewaschen werden, um den überschüssigen Farbstoff zu entfernen. In kleineren Färbereien, die sich gewöhnlich am

Digitized by Google

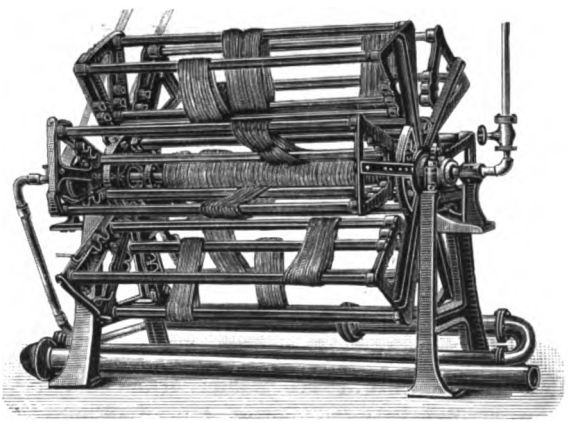
fließenden Wasser befinden, geschieht das Waschen durch Handarbeit; man zieht das Garn in fließendem Wasser hin und her. Dies ist aber nicht nur eine sehr theuere, sondern eine im Winter für die Arbeiter sehr unangenehme Operation, und man hat daher auch für diese Vorrichtung besondere Maschinen construirt.



Garnwaschmaschine von Hauboldt.

Die Garnwaschmaschine von Hauboldt besteht aus einem runden Kasten, in dessen Mittelpunkte sich eine Welle dreht. Diese trägt oben ein in der Horizontalebene drehbares Rad, in das fächerartig 12 bis 24, im vorderen Theil vierkantige Spulen eingesteckt sind. Diese liegen wieder auf einem schwach conischen Radkranze auf und werden durch die Bewegung desselben mitgenommen und um die eigene Achse gedreht. Hängen auf den Spulen Garnsträhne, so werden sie durch das Wasser geschleift und gleichzeitig gedreht, so daß stets neue Partien in das Wasser gelangen.

Nach dem Waschen wird das Garn nach Möglichkeit vom Wasser befreit, „entnäßt", dazu dienen Centrifugen oder hydraulische Pressen. Dann folgt das Trocknen, das ebenfalls mit Hilfe von Maschinen geschieht.



Garntrockenmaschine von Hauboldt.

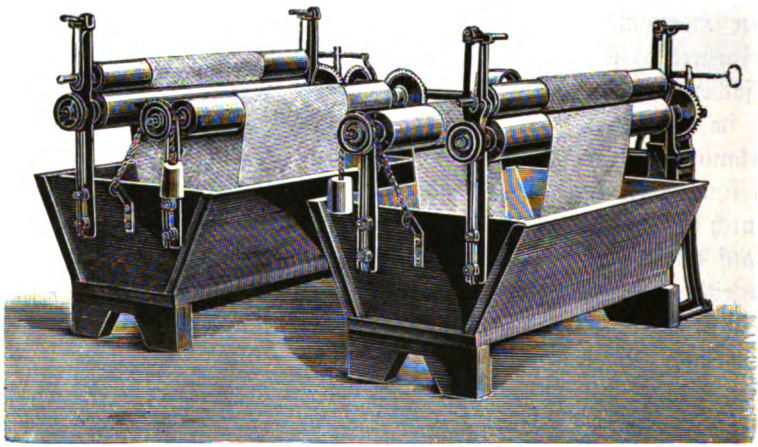
Eine solche Vorrichtung, die Garntrockenmaschine von Hauboldt, zeigt die nebenstehende Abbildung. Sie hat die Gestalt eines Haspels, der sich um den mit dem Abdampf der Maschine gespeisten Heizkörper bewegt. Die Garne werden auf die Stangen des Haspels gelegt und rotiren nun um den Heizkörper, wobei sie gleichmäßig und sehr rasch getrocknet werden.

Wenn Baumwollgewebe gefärbt werden sollen, so müssen andere Vorrichtungen benützt werden, als wir sie bisher kennen gelernt haben. Man hat es eben

Digitized by Google

dann mit verschieden langen und verschieden breiten Stücken zu thun, die sich überhaupt anders verhalten wie die Garne.

Das Färben der Baumwollgewebe geschieht im sogenannten „Jigger“. Dies ist ein Holzkasten, der auf seinem Rande zwei Holzwalzen trägt, auf dem Boden des Kastens sind außerdem noch zwei Mitlaufwalzen angebracht. Das Gewebe wird zunächst auf einer der beiden oberen Walzen aufgewickelt, dann unter den Mitlaufwalzen durchgezogen und wieder auf der zweiten oberen Walze befestigt. Das Gewebe wandert also, wenn die Vorrichtung im Gange ist, von einer Walze auf die andere und passirt dabei gleichzeitig die Lösung des Farbstoffes, die „Flotte“. Durch Umstellen der Vorrichtung wird es dann wieder auf die andere Walze aufgerollt, bis es nach zwei- oder mehrmaligem Passiren der Flotte die gewünschte Farbe angenommen hat.



Jigger.

Auch zum Waschen der ausgefärbten Gewebe benützt man besondere Vorrichtungen, die als Strang- und als Breitwaschmaschinen bezeichnet werden. Während die Stücke ihrer vollen Breite nach die Breitwaschmaschinen passiren, werden sie in den Strangwaschmaschinen zu einem Strange zusammengelegt und in dieser Form dem Waschprocesse unterworfen.

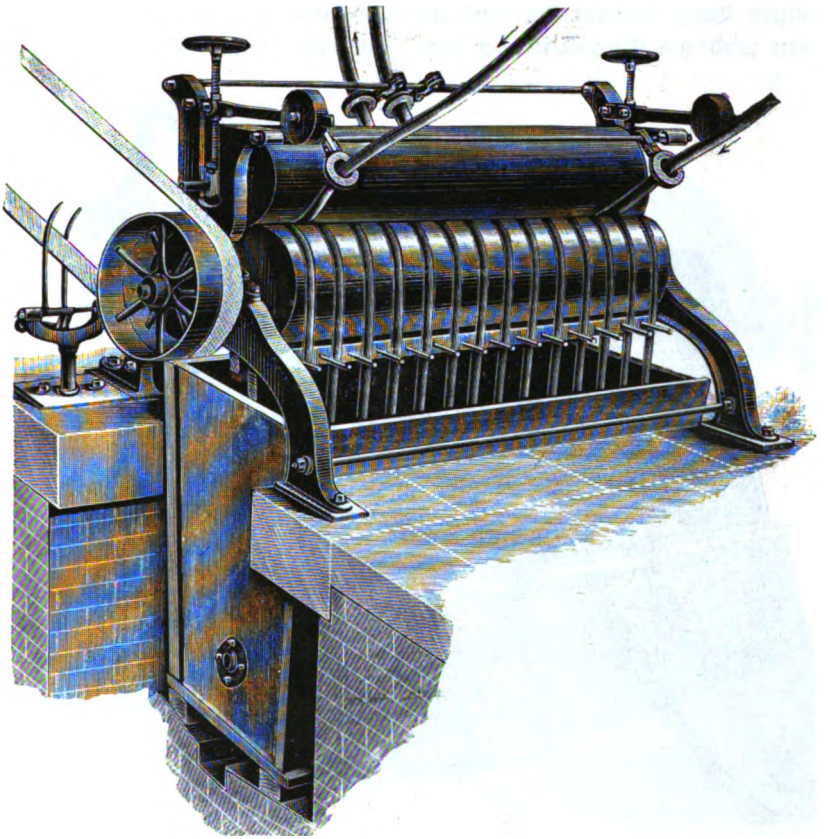
Die Abbildung Seite 875 zeigt die Strangwaschmaschine von Hauboldt. Das Zusammenlegen der Stücke geschieht durch die Maschine selbst, und zwar dadurch, daß die zu einem langen Bande zusammengehefteten Stücke einen Porzellanring passiren. Dann gelangen die Stränge zwischen Quetschwalzen, werden unter einer am Boden des Troges liegenden Walze hindurchgeführt, gehen neuerdings zwischen den Quetschwalzen hindurch u. s. f. Nach einer gewissen Zahl von Umläufen werden endlich die Stränge wieder durch Porzellanringe weitergeleitet.

Die Breitwaschmaschinen besitzen eine ähnliche Einrichtung, doch passiren die Stücke ihrer vollen Breite nach die Walzen. Diese kneten und quetschen das Gewebe,

Digitized by Google

führen es durch die Waschflüssigkeit und bewirken dadurch eine gründliche Entfernung der überschüssigen Farbe, worauf die Stücke in die Trockenvorrichtung gelangen.

Die Trockenmaschinen bestehen aus Systemen hohler, mit Dampf geheizter polirter Kupfercylinder, zwischen denen die Stücke ihrer vollen Breite nach durchgezogen werden.

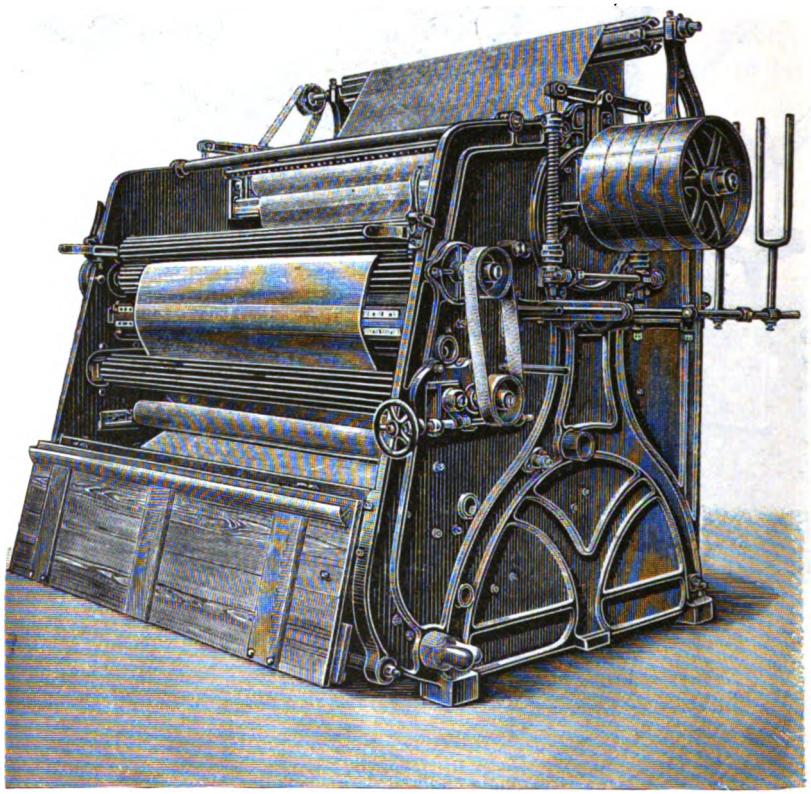


Strangwaschmaschine von Hauboldt.

Die thierischen Fasern verhalten sich gegenüber Farbstoffen anders als Gewebe aus Pflanzenfasern. Man kann daher in vielen Fällen den Färbeproceß ohne Verwendung einer Beize durchführen, und es genügt, das entfettete und durchnäßte Material in die Farbstofflösung zu bringen, um bei allmählicher Steigerung der Temperatur jede gewünschte Nuance zu erreichen. Mit manchen Farben kann aber auch Wolle nicht direct „substantiv" gefärbt werden, und um die Farbe zur vollen Entwickelung zu bringen, muß man auch hier vorerst das Gewebe beizen.

Digitized by Google

Das „adjective" Wollfärben, also das Färben unter Benützung von Beizen kann aber in verschiedener Weise durchgeführt werden. Die gebräuchlichste Methode besteht darin, daß man das Gewebe zuerst mit der Beize imprägnirt. Die Beizbäder sind Lösungen von Thonerde oder Chromsalzen in Verbindung mit Weinsäure oder Schwefelsäure, sowie Zinnsalz, man bringt das Gewebe in die kochende Beize und läßt es darin erkalten. Dann wird es gespült, um die nur lose anhaftende, überschüssige Beize zu entfernen, und im Färbebade bei 100° ausgefärbt. Dieses Verfahren wird als Vorbeizen oder als „Zweibadmethode" bezeichnet.



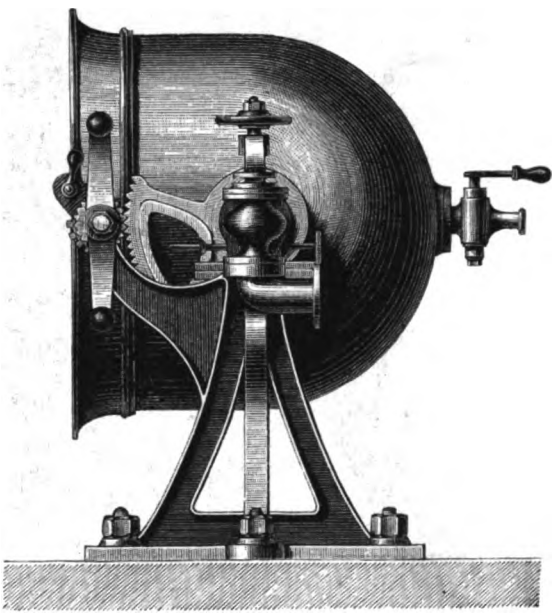
Breitwaschmaschine von Hemmer.

Unter Umständen kann jedoch auch das Beizen und Färben in eine Operation vereinigt werden, dieser Vorgang wird als „Mitbeizen" der Wolle oder „Einbadmethode" bezeichnet. Dann erzeugt man zunächst durch Vereinigung der Farbstofflösung mit der Beize einen Farblack, dieser Lack muß aber in der heißen oder sauren Flüssigkeit des Bades wenigstens theilweise löslich sein. Die in das Bad gebrachte Wolle nimmt dann den gelösten Farblack auf und schlägt ihn auf der Faser nieder. Das Verfahren eignet sich besonders zur Herstellung heller Farben und ist einfacher und billiger wie die Zweibadmethode.

Digitized by Google

Ein weiteres Verfahren ist das „Nachbeizen". Die Wolle wird zunächst in dem Farbbade mit Farbstoff gesättigt, der dann erst im Beizbade fixirt wird. Erst hier tritt die Farbe heraus, man nennt das Verfahren daher wohl auch „Methode des Nachdunkelns".

Endlich giebt es aber noch ein viertes Verfahren der Wollfärberei, nämlich das combinirte Vor- und Nachbeizen oder die Dreibadmethode. Das Gewebe gelangt zuerst in die Vorbeize, wird dann in das Färbebad gebracht und passirt dann nochmals ein Beizbad. Diesen Vorgang wendet man beispielsweise an, um Wolle mittelst Blauholz schwarz zu färben. Man beizt das Gewebe in Kaliumbichromatlösung, kocht es dann in einem Blauholzbade und fixirt endlich den überschüssigen, nur von der Wolle festgehaltenen Farbantheil abermals durch Beizen mit Kaliumbichromat, einer Substanz, die, wie wir wissen, ein sehr energisches Oxydationsmittel ist und den blauen Farbstoff des Blauholzes in ein tiefes Schwarz umwandelt.



Doppelwandiger kupferner Farbkochkessel.
(System Mather & Platt, Manchester, England.)

Wesentlich einfacher ist das substantive Wollfärben. Man bringt das entfettete und gut genäßte Material in das Färbebad, das man allmählich zum Sieden erhitzt. Wie bei der Baumwollfärberei ist auch hier darauf zu sehen, daß an dem Gewebe nicht Luft haftet, da sie sonst das gleichmäßige Benetzen mit der Farbstofflösung verhindern würde.

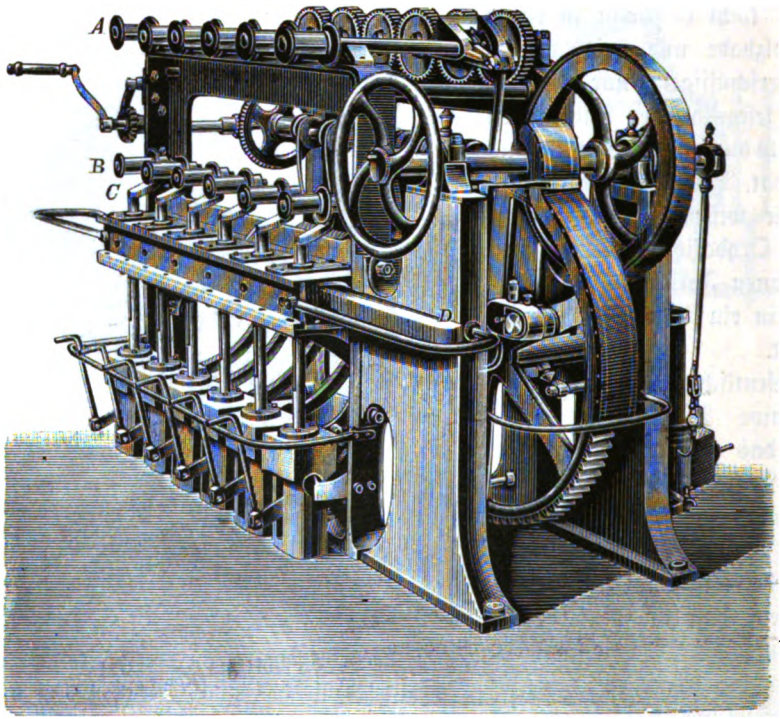
Auch das Färben der Wolle wird entweder im unversponnenen Zustande oder erst im fertigen Tuche vorgenommen. Im ersteren Falle wird aber die Faser weit besser von dem Farbstoffe durchdrungen, während dicke Tuche im Inneren oft nur wenig gefärbt sind, doch giebt es auch Farbstoffe, die ein gründliches Durchfärben selbst sehr dicker Tuche gestatten.

Lose Wolle wird gefärbt, indem man sie in einem offenen Kessel, der mit directem Feuer oder mit Dampf geheizt werden kann und in dem sich die Farbflotte befindet, mit hölzernen Stangen drückt und umherzieht. Es ist aber unvermeidlich, daß durch diese Behandlung die einzelnen Fasern mehr oder weniger verfilzt und verwirrt werden und dann um so schwerer versponnen werden können. Man benützt deshalb auch hier Färbemaschinen, und zwar sind

Digitized by Google

sie so eingerichtet, daß die zu färbende Wolle ruhig liegt und die Flotte sich bewegt.

Die Färbemaschine System Obermaier besteht im Wesentlichen aus einem Cylinder, in den die zu färbende Faser gebracht wird, einem Bassin, in dem sich die Flotte befindet, einer Pumpe, die die Circulation der Farbstofflösung besorgt, einer Centrifuge, in der die gefärbte Faser abgeschleudert wird, und endlich aus einem Gebläse nebst Heizkessel, mit dessen Hilfe die Faser getrocknet wird. Bei allen diesen Operationen bleibt die Faser aber in dem Cylinder, in den sie vor




Chevillirmaschine von Wansleben.

Beginn der Operation gebracht wird, dieser wird mit Hilfe eines Laufkrahnes von einem Behälter in den nächsten gebracht. Die Faser wird daher nicht berührt oder unsanft behandelt und kann sich auch nicht verwirren oder verfilzen.

Seide zeigt gegenüber den verschiedenen Farbstoffen ein ähnliches Verhalten wie die Wolle, sie wird daher auch in ganz ähnlicher Weise gefärbt wie diese. Nach dem Färben, Waschen und Trocknen wird aber häufig die Seide noch einer besonderen Behandlung unterworfen, durch die man die Erzielung einer größeren Weichheit und eines schönen Glanzes der Seidensträhne bezweckt.

Dies wird durch das „Chevilliren" erreicht. Man hängt die Seidensträhne an einen glatten, in der Wand befestigten Pfahl, die Cheville, und streckt und

Digitized by Google

windet sie mit Hilfe eines ebenfalls sehr glatten Stockes. Selbstverständlich hat man auch hier die Handarbeit durch maschinelle Vorrichtungen in glücklicher Weise ersetzt, und die Abbildung auf Seite 878 zeigt uns die Chevillir- oder Glossirmaschine von Wansleben. Sie besteht aus einer Reihe drehbarer Walzen A und darunter befindlichen Walzen B, die auf ellbogenförmige Haken C gesteckt sind, diese Haken werden mit schweren Gewichten belastet. Die Walzen B können sich einerseits um ihre Achse drehen, andererseits aber auch mit den ellbogenförmigen Haken sowohl eine horizontale Drehung, wie eine auf und nieder gehende Bewegung vollführen. Je zwei übereinanderliegende Walzen A und B sind zur Aufnahme eines Seidensträhnes bestimmt. Die unteren Walzen werden mit den ellbogenförmigen Haken durch eine Zahnstange D derart horizontal gedreht, daß die Strähne stark gewunden sind, während sie durch die an den Haken befindlichen Gewichte gleichmäßig gespannt bleiben. Während der Rückbewegung der Zahnstange wird der Strähn wieder aufgewunden, dann werden die oberen Walzen durch ein Schaltwerk gedreht, wodurch jeder Strähn um ein bestimmtes Stück verschoben wird, worauf das Aufwinden von neuem beginnt.

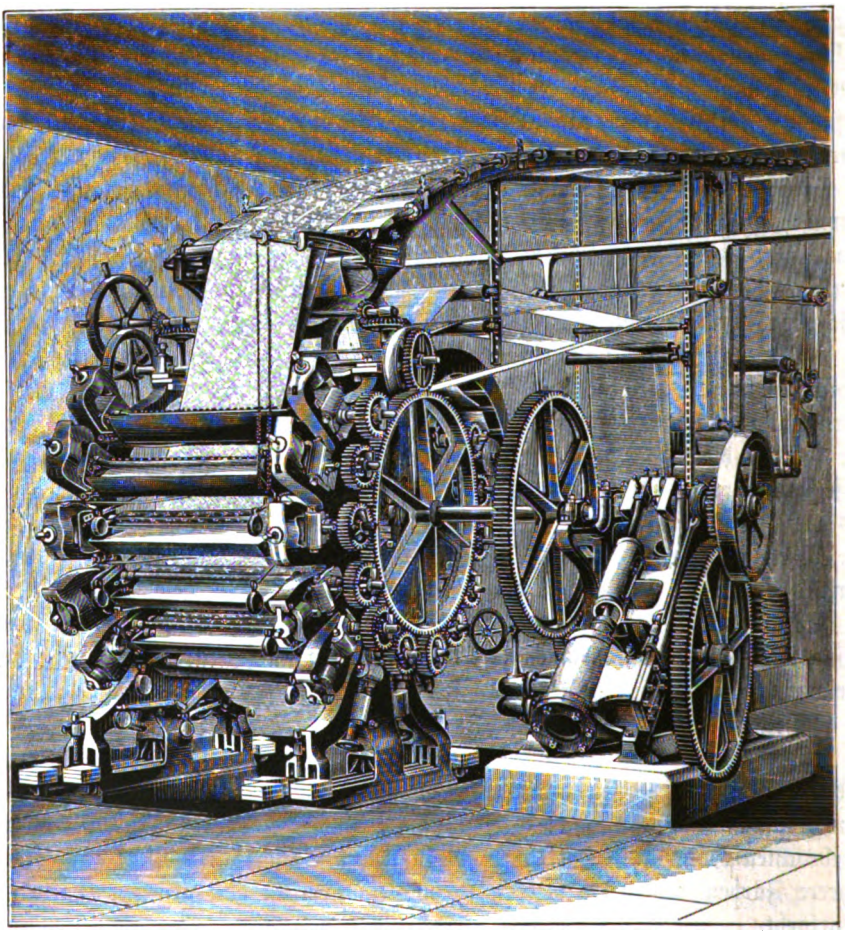
Wir wollen nun noch einige Verfahren besprechen, die man zur Erreichung besonderer Effecte benützt, die sich aber alle durch große Einfachheit der Ausführung auszeichnen. So sind uns gewiß schon Garne aufgefallen, die zwar nur eine Farbe, diese aber in verschiedenen Nuancen zeigen. Das Garn ist beispielsweise am obersten Theile des Strähnes dunkelroth, am untersten dagegen weiß und der Zwischenraum zeigt alle Abstufungen, durch die Roth in Weiß übergeht. Dieser sehr schöne Effect läßt sich auf sehr einfache Weise erzielen. Man senkt zuerst den Strähn nur ganz wenig in die Flotte ein, dann tiefer u. s. f. Der Kopf des Strähnes befindet sich dann am längsten in der Flotte und er wird die größte Menge Farbe annehmen und am dunkelsten ausfallen, während die anderen Theile in dem Maße, als sie sich kürzere Zeit in der Farbstofflösung befinden, um so heller werden.

Das Gleiche läßt sich aber auch erreichen, wenn man den Strähn zunächst in der Flotte auf die hellste Nuance ausfärbt und ihn dann ruhig in die Farblösung einhängt, worauf man diese langsam durch einen am Boden des Kessels angebrachten Hahn abfließen läßt. Man nennt solche Garne Ombrés, sollen sie mehrere Farben zeigen, so werden sie nacheinander in verschiedenen Farbenflotten ausgefärbt.

Rayés sind Garne, auf denen verschiedene Farben nebeneinander stehen. Sie werden hergestellt, indem man das Garn zwischen Latten preßt und dadurch einzelne Theile abdeckt. Nur die hervorstehenden Theile nehmen dann Farbe an, sie werden nach dem Spülen selbst mit Latten abgedeckt und nun kann ein anderer Theil gefärbt werden, ohne daß die einzelnen Farben ineinander übergehen. Unter dem Namen „Mignon“ hat man ferner Rayés in den Handel gebracht, die einzelne ganz ungefärbte Stellen besitzen, die später mit verschiedenen Farben bedruckt werden. Auch diese ungefärbten Stellen lassen sich in sehr einfacher Weise

Digitized by Google

erzeugen. Man windet vor dem Färben einen Knoten in den Strähn und färbt dann aus. Nach dem Aufknoten sind dann diese Stellen weiß, aber nach den beiden Enden in der Hauptfarbe abschattirt. Man kann aber auch das Garn zunächst färben, dann knoten und abermals in einer anderen Farbe färben und erhält dann die schönsten und überraschendsten Effecte.



Druckmaschine für zwölf Farben. Construction von Mather & Platt.

Ein Zweig der Färberei ist der Zeugdruck, mit seiner Hilfe werden die zahlreichen Gewebe hergestellt, die eine oder mehrere Farben, symmetrisch geordnet an bestimmten, scharf abgegrenzten Stellen tragen.

Dies kann auf verschiedene Weise erreicht werden und das einfachste Verfahren besteht wohl darin, mit Hilfe eines Druckmodels die mit einem passenden Verdickungsmittel angerührte Farbe auf das gleichmäßig gefärbte Gewebe aufzu-

Digitized by Google

drucken. Man kann aber auch vor dem Färben das Muster mittelst einer Schutzmasse, beispielsweise mit geschmolzenem Wachs aufdrucken und dann das Gewebe ausfärben. Die Farbe haftet dann an den geschützten Stellen nicht und das Wachs wird durch Waschen mit warmem, alkalisch gemachtem Wasser entfernt. Färbt man nach diesem Verfahren beispielsweise mit Indigo aus, so erhält man schließlich das Muster weiß auf blauem Grunde.

Die Handarbeit wurde aber auch auf diesem Gebiete durch passende Maschinen ersetzt und besonders die Einführung der Walzendruckmaschinen ermöglichte eine Ausgestaltung dieses Verfahrens, die wohl kaum etwas zu wünschen übrig läßt.

Die Walzendruckmaschinen tragen das zu druckende Muster in Kupferwalzen eingravirt, die Vertiefungen werden mit der Druckfarbe ausgefüllt, und dann laufen die Walzen über das zu bedruckende Zeug, wobei die Farbe auf diesem genau in der Form des Musters haften bleibt. Man hat solche Maschinen gebaut, die bis zu 20 Walzen führen. Jede Walze entspricht einer Farbe, und man ist daher im Stande, bis zu 20 Farben in einer Operation gleichmäßig auf mehrere hundert Meter lange Zeugstücke aufzudrucken.

Hat das Zeug die Druckmaschine passirt, so muß es sofort in den Trockenraum gelangen, um ein Verschmieren der noch feuchten Farbmasse unmöglich zu machen. Nach dem Trocknen folgt dann noch das Dämpfen, um die Farben zu fixiren.

Man ist aber nicht allein darauf angewiesen, das Muster mit geeigneten Farben auf das Zeug aufzudrucken, sondern an Stelle der Farbe können auch Beizen, die man durch-Verdickungsmittel ebenfalls genügend consistent gemacht hat, angewendet werden. Wird ein in dieser Weise vorbereitetes Zeug dann in einer beizenfärbenden Flotte ausgefärbt, so nehmen nur die mit Beize bedruckten Stellen die Farbe an, während die anderen Theile weiß bleiben.

Auch das schon erwähnte Verfahren, das Bedrucken mit Stoffen, die keine Farbe annehmen und nach dem Färben entfernt werden, findet häufig Verwendung. Man bezeichnet diesen Vorgang als „Reservagedruck", die Reserven sind theils rein mechanisch wirkende Stoffe, wie Wachs oder mit Terpentinöl angerührter Pfeifenthon, theils chemische Agentien, wie Citronensäure oder citronensaures Natron. Sie bilden mit dem Farbstoffe oder der Beize lösliche Verbindungen, wodurch die Fixirung auf der Faser verhindert wird.

Endlich kommen auch solche Stoffe zur Anwendung, die dort, wo sie mit der Farbe zusammentreffen, diese zerstören und die Farbe des ursprünglichen Gewebes wieder zum Vorschein bringen. Man bezeichnet dieses Verfahren als „Aetzdruck".

Mit dieser Aufzählung haben wir aber die Verfahren, die man in der Zeugdruckerei anwendet, durchaus noch nicht erschöpft. Gerade auf diesem Gebiete giebt es eine solche Mannigfaltigkeit der Ausführung, daß es unmöglich wäre, sie an dieser Stelle eingehend zu besprechen. Diese verschiedenen Verfahren beruhen aber



Digitized by Google

alle auf dem, wie wir wissen, höchst mannigfaltigen Verhalten der einzelnen Farbstoffe gegenüber den Geweben, den Beizen u. s. f. Hier kommen eben die chemischen Eigenschaften der Farbstoffe, ihr Verhalten gegen Beizen und andere Substanzen, die Möglichkeit, sie durch verschiedene Substanzen zu zerstören oder doch zu farblosen Verbindungen zu reduciren u. s. w. zum Ausdrucke, und ihre Vielseitigkeit ermöglicht auch die Herstellung der prächtigen, sowohl durch die Pracht der Farben wie der Schönheit des Musters bestechenden Stoffe. Gerade auf dem Gebiete des Zeugdruckes kommt eben auch das rein künstlerische Moment zur Geltung oder kann wenigstens zur Geltung kommen, denn leider entsprechen durchaus nicht alle der zahlreichen Stoffe, die aus der Werkstätte des Zeugdruckes kommen, dem guten Geschmacke. Daran ist aber die Mode schuld: sie bemüht sich oft, neu zu sein, auch dann, wenn es auf Kosten des ästhetischen Gefühles geschieht.

Wie aber aus dem in diesem Abschnitte Mitgetheilten hervorgeht, ist auch die Färberei und der Zeugdruck ein chemisches Gewerbe, und nur den Errungenschaften der Farbenchemie ist die erfreuliche Entwickelung dieser Gebiete in den letzten Jahrzehnten zu verdanken.

Digitized by Google

# Die chemische Technologie der Nahrungsmittel.

Vor wenigen Jahren noch konnte man oft selbst von Gebildeten die Anschauung vernehmen, der Chemiker möge der Bereitung der Nahrungsmittel nur recht ferne bleiben, denn wenn er sich daran betheilige, so sei dies gewiß nicht im Interesse des Consumenten, er galt eben als ein geborener — Pantscher. Heute wird man wohl solche Aeußerungen nur mehr vereinzelt vernehmen, ganz geschwunden ist aber die üble Meinung von der Bethätigung des Chemikers in dieser Richtung immer noch nicht.

Jene, die so sprechen, übersehen dabei ganz und gar, welche bedeutenden Dienste die Chemie, als sie sich um die Zubereitung und um die Beschaffenheit mancher Nahrungsmittel zu kümmern begann, geleistet hat. Sie hat nicht nur Mittel und Wege gewiesen, um Nahrungsmittel längere Zeit frisch zu erhalten, sie zu conserviren, sondern sie hat auch ihre Zubereitung im günstigen Sinne beeinflußt und endlich der Fälschung nicht Thür und Thor geöffnet, wie manchmal geglaubt wird, sondern im Gegentheile die Waffen angefertigt, um sie mit Erfolg zu bekämpfen.

Um aber in diesen drei Richtungen thätig zu sein, war die Arbeit vieler, vieler Jahre nöthig, galt es doch ein bis dahin vollständig brachliegendes Gebiet zu durchforschen. Es mußte die Zusammensetzung der Nahrungsmittel festgestellt werden, man mußte nach Mitteln suchen, um sie in solcher Weise zu conserviren, daß sie selbst noch nach Jahren vollständig frisch und genießbar blieben. Aber auch die Vorgänge, die sich im menschlichen Körper abspielen, das Wesen der Ernährung mußte erst erforscht werden, um auf Grund der Ergebnisse Normen für eine ausreichende und rationelle Ernährung aufstellen zu können. Dies war vornehmlich die Aufgabe einer bestimmten Richtung der chemischen Wissenschaft, der physiologischen Chemie. Wenn es ihr auch bis heute noch nicht gelungen ist,



Digitized by Google

alle Functionen des menschlichen Körpers, die sich bei der Verarbeitung der Nahrung abspielen, aufzuklären, so hat sie doch über die wichtigsten und wesentlichsten Vorgänge Licht zu verbreiten gewußt.

Und endlich wurden zahlreiche Methoden ausgearbeitet, um die Echtheit, beziehungsweise die Verfälschung von Nahrungsmitteln leicht und rasch zu erkennen, und dadurch wurde gewissenlosen Fälschern ihr Handwerk ganz wesentlich erschwert. Dazu kam noch, daß auch die Gesetzgebung eingriff und mit vollem Rechte die Fälschung der Lebensmittel mit schweren Strafen belegt. Denn eine Fälschung von Nahrungsmitteln ist nicht nur strafbar, wenn sie gleichzeitig auch ein Attentat auf die Gesundheit des Consumenten bildet, sondern auch schon dann, wenn sie ausschließlich aus Gewinnsucht vorgenommen wird.

Endlich — und diesem Theile der Nahrungsmittelchemie wollen wir hier unser Augenmerk zuwenden — hat sie die zweckmäßige Zubereitung zahlreicher Stoffe gelehrt. Die Chemie wies den Weg, um das Fleisch der nach Hunderttausenden von Köpfen zählenden Rinderheerden Süd-Amerikas und Australiens, das an Ort und Stelle nur geringen Werth besitzt, zu verwerthen, sie lehrte die rationelle Bereitung von Butter und Käse, die Darstellung der Kunstbutter, sie gab bessere Methoden zur Bereitung des Brotes an und hat dadurch, wie durch zahlreiche andere Verbesserungen und Vorschläge, den Menschen große, nicht genug hoch anzuschlagende Dienste erwiesen.

Angesichts der Wichtigkeit dieses Gebietes und der großen Bedeutung, die seine Kenntnis für jedermann besitzt, wollen wir die Bereitung wenigstens einiger Nahrungsmittel in diesem Buche besprechen, soweit dabei entweder direct chemische Processe sich abspielen, oder doch große Apparate und Vorrichtungen nöthig sind, wie beispielsweise zur Gewinnung des Fleischextractes.

Zunächst wollen wir uns aber mit dem Wesen der Ernährung selbst vertraut machen. Wovon leben wir und wie vollzieht sich die Umwandlung der Nahrungsmittel in unserem Organismus? sind die Fragen, die sich uns unwillkürlich in erster Linie aufdrängen.

Unsere Nahrung besteht, im Großen und Ganzen betrachtet, aus zwei Gruppen von Körpern, aus organischer, verbrennlicher Substanz und aus den nach der Verbrennung hinterbleibenden anorganischen Stoffen, der Asche. Als dritte Gruppe können wir endlich noch das Wasser ansehen, das wir nicht nur in Form eines erfrischenden Trunkes, sondern auch in jedem Nahrungsmittel zu uns nehmen.

Die organische Substanz der Nahrung besteht — wie uns die Chemie der Nahrungsmittel lehrt — aus drei Gruppen von Körpern, eine derselben enthält Stickstoff, die beiden anderen sind stickstofffrei. Die wichtigsten Repräsentanten der stickstoffhaltigen Gruppe sind die Eiweißkörper oder Proteïnstoffe. Sie entstammen sowohl dem Thier- wie dem Pflanzenreiche und in jedem Nahrungsmittel, im Fleische sowohl wie im Brote oder in der Kartoffel sind gewisse Mengen dieser Körper enthalten. Doch ist der Gehalt an Eiweißkörpern durchaus nicht überall der gleiche. Denn während beispielsweise das Fleisch ein stickstoff-

Digitized by Google

haltiges Nahrungsmittel par excellence ist, sind Kartoffeln oder andere Gemüsesorten arm daran.

Die stickstofffreien Bestandtheile unserer Nahrung zerfallen ihrerseits wieder in zwei Körperclassen, in das Fett und in die Kohlehydrate. Sowohl Fleisch, wie auch die vegetabilische Nahrung enthält stets Fett, dagegen finden wir Kohlehydrate — Stärke und Zucker — fast ausschließlich in den Vegetabilien, die, wie wir wissen, im Stande sind, diese für unsere Ernährung so überaus wichtige Körpergruppe direct aus Kohlensäure und Wasser in der grünen Pflanzenzelle unter der Einwirkung des Sonnenlichtes zu erzeugen.

Die Asche unserer Nahrungsmittel besteht aus verschiedenen Stoffen, wie Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kieselsäure, Chlor, Natron, Kali, Kalk, Magnesia, Eisen ꝛc.

Untersuchen wir nun aber den Körper eines Menschen oder eines Thieres näher, so werden wir die gleichen Stoffe nachweisen können. Wir finden Eiweißkörper und Fett, Wasser und unverbrennliche Substanz, nur die Gruppe der Kohlehydrate tritt wesentlich zurück, trotzdem sind aber stets auch Kohlehydrate vorhanden, zwar nicht in Form von Stärke, wohl aber können wir in verschiedenen Theilen Zuckerarten nachweisen.

Wenn wir unser Körpergewicht genau erheben und dann eine anstrengende Arbeit verrichten, so werden wir nach Beendigung derselben leicht feststellen können, daß wir an Gewicht verloren haben. Wir vermögen eben Arbeit nur auf Kosten von Substanz zu verrichten und um diese Arbeit zu leisten, muß eine gewisse Menge unserer Körpersubstanz umgesetzt werden. Die Endproducte dieser Umsetzung sind Kohlensäure und Wasser, die wir durch unsere Lunge ausstoßen und Stickstoff, der im Harne ausgeschieden wird. Kohlensäure und Wasser treten aber als Endproducte jedes vollständigen Oxydationsprocesses, also auch bei der Verbrennung auf und wir können daher mit vollem Rechte sagen, daß bei der Verrichtung einer Arbeit Körpersubstanz verbrannt werden muß.

Nun verrichten wir aber auch im ruhenden Zustande, selbst im tiefsten Schlafe „Arbeit", die durchaus nicht in besonderen Kraftleistungen bestehen muß. Auch zur Erhaltung unserer Körpertemperatur ist „Arbeit" im chemischen Sinne nöthig und sie wird geleistet, indem der Oxydationsvorgang, der sich im Körper abspielt, unausgesetzt verläuft.

Gerade so, wie wir aber einen Ofen, soll er Wärme spenden, fortgesetzt mit frischem Brennmateriale versehen müssen, so müssen wir auch unserem Organismus Brennmaterial zuführen, und zwar in Form von Nahrung. Unterbrechen wir die Nahrungsaufnahme durch längere Zeit, so geht der Oxydationsproceß zwar weiter, doch dann auf Kosten der Körpersubstanz selbst. Zunächst wird das im Organismus gewissermaßen als Reservestoff aufgespeicherte Fett verbrannt, dann kommt das Eiweiß, aus dem der Hauptsache nach die Muskelsubstanz besteht, an die Reihe. Gleichzeitig werden aber auch bedeutende Mengen Wasser abgegeben und das Körpergewicht erfährt unausgesetzt eine beträchtliche Verminderung, bis endlich alle verfügbaren Vorräthe aufgezehrt sind und die Maschine stille steht.

Digitized by Google

In unsererer Nahrung können wir aber durchaus nicht willkürlich eine Körpergruppe durch eine ihr verwandte ersetzen. Wir vermögen uns beispielsweise nicht an Stelle der Eiweißkörper mit Leim, der ebenfalls sehr reich an Stickstoff ist, zu ernähren und ebenso wenig kann unser Magen mit Cellulose sich zufrieden geben, die doch ebenfalls zur Gruppe der Kohlehydrate gehört. Vielmehr müssen wir dem Organismus Stickstoff in Form von Eiweißstoffen, Kohlehydrate in Form von Stärke oder Zucker zuführen, nur dann werden seine Functionen regelmäßig verlaufen.

Aber noch ein Umstand ist zu berücksichtigen. Wir sind nicht im Stande, uns ausschließlich mit Eiweißstoffen oder ausschließlich mit Fett oder Kohlehydraten zu ernähren, sondern wir müssen Gemische dieser drei Gruppen aufnehmen. Eine Substanz, die eine oder zwei dieser Gruppen enthält, bezeichnen wir als Nahrungsmittel, erst die Vereinigung aller drei, und zwar im richtigen Verhältnisse, bildet eine Nahrung.

Ebenso wie Eiweißstoffe oder Stärke ist aber auch das Wasser ein Nahrungsmittel, denn bei Verabreichung einer vollkommen trockenen Nahrung könnte der Organismus ebenfalls nicht bestehen. Aber auch die anorganischen Bestandtheile der Nahrung sind von Bedeutung, denn sie sind es, die das Material zum Aufbaue der Knochen abgeben; selbst der vollkommen ausgewachsene Mensch, dessen Knochengerüste schon vollständig ausgebildet ist, bedarf der Mineralstoffe, da ohne ihnen das Leben ebenso undenkbar ist, wie bei einer Pflanze, der wir die anorganischen Nährstoffe entziehen.

Die Nahrung dient nun dazu, um den Organismus auf seinem Bestande zu erhalten. Entspricht die Menge der zugeführten Nahrung genau dem Verbrauche, so wird das Körpergewicht constant bleiben, da jeder durch den Stoffumsatz bedingte Verlust sogleich gedeckt wird. Führt man dagegen eine größere Menge zu, so wird ein Theil zum Ansatze gelangen, es bildet sich Muskelsubstanz und Fett. Der Verbrauch des Körpers an Eiweißstoffen und Fett ist aber durchaus nicht immer der gleiche und besonders ist zu bemerken, daß dieser Verbrauch, der „Umsatz" auch von der Zusammensetzung der Nahrung selbst abhängt.

Der Körper kann sich beispielsweise nur dann seinen Bestand an Eiweiß erhalten oder reicher daran werden, wenn ihm Eiweiß zugeführt wird. Denn neues Eiweiß vermag er immer nur wieder aus Eiweiß zu bilden, doch wird der Eiweißzerfall durch die Gegenwart von Fett und von Kohlehhdraten, sowie von anderen stickstoffhaltigen Körpern, wie Leim, verringert. Man sagt daher auch, solche Körper wirken „eiweißersparend".

Das Fett, das wir im Körper vorfinden, kann sowohl — wie die physiologische Chemie gelehrt hat — dem mit der Nahrung aufgenommenen Fette entstammen, als auch aus Eiweiß oder aus Kohlehydraten gebildet werden. Kohlehydrate und Eiweiß schützen dagegen durch ihre Gegenwart wieder das Fett vor dem Zerfall.

Digitized by Google

Wir sehen also, daß sich bis zu einem gewissen Grade wenigstens die einzelnen Gruppen der Nährstoffe untereinander ergänzen, und daraus geht hervor, wie auch experimentell bewiesen werden konnte, daß sich der Mensch mit verschiedenen Mengen der einzelnen Nährstoffe ernähren kann. Bei reichlicher Eiweißzufuhr kann beispielsweise die Menge der verzehrten Kohlehydrate und des Fettes geringer sein, umgekehrt wird eine eiweißarme Nahrung eine verhältnismäßig größere Menge Fett und Kohlehydrate enthalten müssen.

Auf Grund zahlreicher Beobachtungen und directer Versuche war man nun im Stande, die Menge der Nährstoffe zu ermitteln, die der erwachsene Mensch braucht, um Ausgabe und Einnahme im Gleichgewichte zu erhalten. So fand Forster, daß die Kost Erwachsener, die leichte Arbeit verrichteten, im Mittel pro Tag 122 g Eiweiß, 60 g Fett und 500 g Kohlehydrate enthielt. Andere Versuche, die wir den beiden, um die Ernährungslehre hoch verdienten Forschern Pettenkofer und Voit verdanken, ergaben, daß sich ein kräftiger Arbeiter im Gleichgewichte befand, wenn er täglich 137 g Eiweiß, 65 g Fett und 325 g Kohlehydrate zu sich nahm. Diese Zahlen weichen nur in der Menge der Kohlehydrate erheblich voneinander ab, dies erklärt sich aber in ganz ungezwungener Weise dadurch, daß die Versuchsperson ein kräftiger, muskulöser Mann war, der, um seinen eiweißreichen Körper auf dem Bestande zu erhalten, auch einer größeren Eiweißmenge in der Nahrung bedurfte, demzufolge die Menge der Kohlehydrate geringer sein konnte.

Berücksichtigt man aber ferner, daß durch vermehrte Aufnahme von Kohlehydraten der Eiweiß- und Fettumsatz herabgesetzt wird, so beträgt nach Voit das tägliche mittlere Nahrungsbedürfnis eines Erwachsenen bei leichter Arbeit 118 g Eiweiß, 50 g Fett und 500 g Kohlehydrate.

Durch angestrengte Arbeit wird aber der Verbrauch an stickstofffreien Stoffen erhöht und eine schwer arbeitende Person wird daher mehr Fett und Kohlehydrate bedürfen als eine solche, die nur leichte Arbeit zu verrichten hat. Schwere Arbeit kann auf die Dauer aber nur dann geleistet werden, wenn das Muskelsystem gut ausgebildet ist, sie setzt daher auch einen eiweißreicheren Körper voraus, der zu seiner Erhaltung naturgemäß einer größeren Eiweißmenge in der Nahrung bedarf. Es muß daher auch die Eiweißmenge eine Erhöhung erfahren und Voit fordert deshalb für den angestrengt Arbeitenden: 145 g Eiweiß, 100 g Fett und 500 g Kohlehydrate, Zahlen, die durch die Ergebnisse der Untersuchung der Kost schwer arbeitender Personen vollkommen bestätigt wurden.

Mit zunehmendem Alter sinkt der Eiweiß- und Fettverbrauch, deshalb wird auch die Menge der Nährstoffe, die der Körper zur Erhaltung seines Bestandes bedarf, geringer werden. Für alte ruhende Männer beträgt daher die Menge der täglich nöthigen Nährstoffe 90 g Eiweiß, 40 g Fett und 350 g Kohlehydrate.

Man hat aber nicht nur für Erwachsene, sondern auch für die wachsende Jugend das Nahrungsbedürfnis festzustellen gesucht. Es ergab sich, daß pro Tag und pro 1 kg Körpergewicht 3·7 g Eiweiß, 3 g Fett und 10 g Kohlehydrate für Kinder zwischen 2 und 5 Jahren, und 2·8 g Eiweiß, 1·5 g Fett und 9 g Kohle-

Digitized by Google

hydrate für Kinder zwischen 6 und 15 Jahren nöthig sind. Wir erkennen aus diesen Zahlen aber auch, um wie viel lebhafter der Stoffumsatz und größer das Nahrungsbedürfnis bei Kindern ist wie bei Erwachsenen. Dies ist erklärlich, wenn wir bedenken, daß der Körper des Kindes sich aus der ihm zugeführten Nahrung aufbauen und bilden muß, und daraus erklärt sich auch, weshalb ungenügende Ernährung gerade in der Jugend in der Regel von den beklagenswerthen Folgen begleitet ist.

Gegen eine vernünftige Ernährungsweise wird leider sehr viel gesündigt und besonders dort, wo materielle Sorgen gebieterisch eine Einschränkung fordern. Wir sehen dies beispielsweise an den Weberfamilien des Erzgebirges und in Schlesien, die fast ausschließlich von Kartoffeln und sogenanntem „Kaffee" leben und ihre Tage in engen, im Winter überheizten Stuben verbringen — wohl instinctiv, um die erforderliche Wärme dem Körper wenigstens von außen zuzuführen. Allerdings ist die materielle Situation dieser Familien die denkbar traurigste, trotzdem fiele es nicht schwer, sie für den gleichen Betrag besser zu ernähren als es geschieht. Sie sind aber eben von Jugend her schon an diese Form der Nahrung gewöhnt und würden sich vielleicht nur schwer in eine andere Kost finden.

Dazu gesellt sich aber noch ein weiterer Umstand. Der Magen ist ein großer Egoist, der sich nicht mit 118 g Eiweiß, 50 g Fett und 500 g Kohlehydraten zufrieden giebt, sondern der vor allem gefüllt sein will. Er frägt nicht nach der Zusammensetzung und der Beschaffenheit der Nahrung, sondern hauptsächlich nach dem Volumen. Denn das Gefühl der Sättigung tritt erst ein, wenn eine gewisse Menge Nahrung aufgenommen wurde. Reichliche, voluminöse Nahrung vermag aber ein Mensch, der körperlich angestrengt ist, viel Bewegung macht und im Freien weilt, weit leichter zu verdauen wie ein nur leicht Arbeitender, der seiner Beschäftigung im Zimmer obliegt. Aus diesem Grunde würden sich wohl die Weberfamilien nur schwer an eine nahrhaftere, aber gleichzeitig sehr voluminöse Kost gewöhnen. Der Magen paßt sich aber ebenfalls der ihm verabreichten Nahrung an, er gewöhnt sich an das Volumen und giebt dann auch bei kräftigerer Kost sich nicht zufrieden, ehe er wie gewöhnlich „ausgestopft" wurde.

Dies ist eine Erscheinung, die alljährlich aufs neue beim Militär gemacht wird. Die dem Bauernstande angehörende, neu einrückende Mannschaft wird beim Militär gewiß besser ernährt als daheim, wo nur an hohen Festtagen Fleisch auf den Tisch kommt und sonst alle Arten von Gemüse und Brot die Hauptnahrung bilden. In der Kaserne erhält der Mann aber täglich nebst Gemüse und einer entsprechenden, durchaus nicht gering bemessenen Ration Brot gutes Fleisch, seine Kost ist also weit besser und nach den oben entwickelnden Grundsätzen rationell zusammengesetzt. Trotzdem bitten zahlreiche Recruten um „Brotzubuße", die ihnen selbstverständlich auch bewilligt wird. Sie brauchen eben einen Stoff, um den an eine sehr voluminöse Nahrung gewöhnten Magen „auszustopfen". Umgekehrt würde sich aber der Städter höchst unbehaglich fühlen, wenn er plötzlich nach Art des Bauers leben müßte oder wenn er mit den berühmten „Nocken" der Holzknechte

Digitized by Google

hoch oben im Gebirge Vorlieb nehmen müßte. Uebrigens thut auch auf dem Gebiete der Ernährung die Gewöhnung sehr vieles, und der Soldat, der eine Brotzubuße braucht, um satt zu werden, braucht sie in der Regel nicht lange, da er bald von der zwar einfachen aber gesunden und kräftigen Commißkost gesättigt wird.

Wenn nun auch mitunter recht grobe Sünden wider die rationelle Ernährung begangen werden, so hat doch im Großen und Ganzen der Volksinstinct das Richtige getroffen, und die große Masse wählt thatsächlich solche Nahrungsmittel, daß daraus eine Nahrung mit entsprechend günstiger Zusammensetzung resultirt. Trotzdem besitzt aber die Feststellung des Nahrungsbedürfnisses auf wissenschaftlichem Wege großen praktischen Werth, denn nur auf Grund dieser Forschungen konnte man daran gehen, die sogenannte Massenernährung zweckmäßig und billig zugleich durchzuführen.

In dem Zustande, in dem die Nahrung in den Magen gelangt, kann sie aber nicht aufgenommen und zum Ersatze des Verbrauches, zum Ansatze neuer Substanz verwendet werden. Vorerst müssen die einzelnen Bestandtheile — Protein, Fett und Kohlehydrate — Veränderungen erleiden, die hauptsächlich darin bestehen, daß sie gelöst werden. Dies bewirken die Verdauungssäfte, in denen Fermente zur Wirkung kommen, und die Verdauung ist daher nichts anderes als die Wirkung gewisser chemischer Fermente, ähnlicher Substanzen, wie sie die Diastase und das Invertin der Hefe sind.

Die Wirkung dieser Fermente beginnt aber schon in der Mundhöhle, und zwar in dem Augenblicke, in welchem die Nahrung mit dem Speichel in Berührung kommt und durch die Kaubewegung innig vermengt wird. Der Speichel macht die Nahrung nicht nur schlüpfrig und befördert dadurch das Gleiten durch die Speiseröhre, sondern er enthält auch ein chemisches Ferment, das Ptyalin, das in gleicher Weise wie die Diastase des Malzes die Fähigkeit besitzt, Stärkemehl in lösliche Stoffe, in Dextrin und in Maltose überzuführen.

Diese Wirkung des Speichels ist aber mehr eine vorbereitende und die eigentliche Verdauung beginnt erst im Magen, wo der Speisebrei mit dem von der Magenschleimhaut abgesonderten Magensafte in innige Berührung kommt. Die Menge des Magensaftes, die ein Erwachsener täglich absondert, ist sehr bedeutend. Man schätzt sie auf rund 6 bis 7 kg pro Tag, einzelne Forscher nehmen sogar an, daß der gesunde Magen innerhalb 24 Stunden über 16 kg dieses ganz besonderen Saftes abscheidet.

Unterwerfen wir den Magensaft einer Untersuchung, so finden wir, daß er 99·4% Wasser, 0·1% Asche, 0·2% Salzsäure und 0·3% eines chemischen Fermentes, das wir Pepsin nennen, enthält. Das Pepsin nun besitzt die Fähigkeit, unlösliche Eiweißkörper in lösliche Verbindungen, in Peptone umzuwandeln; dieser höchst wichtige Vorgang spielt sich aber nur dann normal ab, wenn der Magensaft sauer reagirt, wenn er freie Salzsäure enthält. Und dadurch erklärt sich auch die bekannte günstige Wirkung mancher saurer Speisen bei Magenverstimmungen.

Digitized by Google

Wir können dem gekränkten Magen aber auch dadurch zu Hilfe kommen, daß wir eine geringe Menge sehr stark verdünnter Salzsäure zu uns nehmen. Selbst die ärgsten „Kater" werden dadurch innerhalb kurzer Zeit zu zahmen Thieren.

Während der Verdauung befindet sich der Magen, der die Form eines Sackes besitzt, unausgesetzt in Bewegung, und diese wurmförmigen, von einem nach dem anderen Ende fortschreitenden Bewegungen sind es, die für eine innige Vermengung des Speisebreies mit dem Magensafte Sorge tragen. Aber auch im leeren Zustande macht der Magen diese Bewegung und sie sind die Ursache des Hungergefühles.

Aus dem Magen gelangt der Speisebrei in den Dünndarm, dessen oberster Theil, der Zwölffingerdarm, mit zwei großen, drüsenartigen Organen in Verbindung steht: mit der Bauchspeicheldrüse oder der Pankreas und der Leber, deren Secret die Galle ist. Zwischen Leber und Zwölffingerdarm ist aber die Gallenblase eingeschaltet, welche die von der Leber unausgesetzt erzeugte Galle aufzunehmen und bis zum Augenblicke des Verbrauches aufzubewahren hat.

Im Dünndarme wird der Speisebrei mit Galle vermengt und vermittelt diese die Verdauung der Fette. Sie verwandelt sie in eine Emulsion und in diesem Zustande sind sie dann befähigt, die Schleimhäute zu durchwandern. Gleichzeitig ist die Galle aber auch ein Desinfectionsmittel und verhindert eine vorzeitige, faulige Zersetzung des Darminhaltes.

Außer der Galle wird der Speisebrei aber auch noch mit dem Secrete der Bauchspeicheldrüse, dem Bauchspeichel vermengt. Dieser reagirt alkalisch und enthält drei chemische Fermente, die ihrerseits die verdauende Wirkung des Magensaftes fortsetzen und beenden. Eines dieser Fermente löst die Eiweißkörper, ein zweites spaltet die Fette in Glycerin und Fettsäuren, und das dritte endlich wirkt kräftiger als das Ptyalin des Speichels und wandelt Dextrin, Stärke und Gummi, den wir auch in vielen Vegetabilien verzehren, in Zucker um.

Mit der Einwirkung des Bauchspeichels ist das Verdauungsgeschäft der Hauptsache nach abgeschlossen, denn der Darmsaft, das Secret der Schleimhaut des Dünndarmes besitzt nur mehr eine ganz geringe, verdauende Kraft. Und nun beginnt der Uebergang der durch die verschiedenen Fermente vorbereiteten und veränderten Nahrung in den Organismus. Die Schleimhaut des gesammten Dünndarmes ist mit Falten, weit hervorragenden Drüsen und Zotten reich ausgestattet, und in diesen münden zahlreiche Saugäderchen, die aus dem Speisebrei die Nahrungsstoffe in Form einer milchigen Flüssigkeit, dem Milchsaft oder Chylus, aufsaugen. Diese Aederchen vereinigen sich netzartig zu größeren Saugadern und endlich in einen Hauptstamm, den sogenannten Milchbrustgang. Dieser steigt durch das Zwerchfell zur Brusthöhle empor und ergießt hier seinen Inhalt, der zum Ersatz und zur Neubildung des Blutes dient, in die Blutgefäße. Das ausgenützte Material verläßt endlich durch den Dick- und Mastdarm den Körper.

Die Verdauung ist also ein complicirter chemischer Vorgang, der durch verschiedene Fermente eingeleitet und zu Ende geführt wird. Die Wirkung dieser

Digitized by Google

Fermente ist aber genau die gleiche wie bei der Fäulnis organischer Substanzen, es treten dieselben Umwandlungs- nnd Zwischenproducte auf. Es hat daher nichts Absonderliches an sich, wenn der große Chemiker Mitscherlich seinerzeit das Leben geradezu mit Fäulnis identificirt. Heute wissen wir allerdings, daß der Fäulnisvorgang durch Bakterien bewirkt wird, jedenfalls können wir aber das Leben und alle seine zahlreichen Erscheinungen auf eine Reihe chemischer Processe zurückführen und es als Chemismus bezeichnen.

Die Ausnützung der Nahrung wird um so vollständiger erfolgen, je besser sie zerkleinert wurde. Daher sind gesunde Zähne die erste Bedingung für eine ordentliche Verdauung. Aber auch die Zusammensetzung der Nahrung selbst beeinflußt die Ausnützung in hohem Grade. Aus dem Thierreiche stammende Nahrungsmittel, allen voran das Fleisch, werden bedeutend besser ausgenützt als Vegetabilien, und dies ist auf den Gehalt der dem Pflanzenreiche entstammenden Nahrung an Cellulose zurückzuführen. Die Cellulose wird im Magen des Menschen nicht verdaut, dagegen umhüllt sie die Nahrung und entzieht sie der Einwirkung der Verdauungssäfte.

Außerdem reizt sie die Darmwandung, sie geht leicht in Zersetzung über, und die auftretenden Zersetzungsproducte steigern den Reizungszustand der Darmschleimhaut, so daß die aufgenommenen Speisen früher als die Verdauung beendet ist, wieder den Körper verlassen. Der aus der Erfahrung abgeleitete Satz, daß junges Gemüse leichter verdaulich ist als altes, findet seine Erklärung darin, daß sich mit zunehmendem Alter die Cellulose immer mehr in „Holz" umwandelt, das den Angriffen der Verdauungssäfte noch weit mehr widersteht wie zarten Gemüsen entstammende Cellulose.

Die Verdaulichkeit der Speisen ist aber noch von einem weiteren, höchst wichtigen Momente abhängig, nämlich von der Art und Weise der Zubereitung. Durch die Zubereitung bezwecken wir nämlich nichts anderes, als die Speisen für die Verdauung zu präpariren und dem Organismus die Arbeit zu erleichtern. Besonders die vegetabilischen Nahrungsmitteln bedürfen einer solchen Vorbereitung, die wir durch das Kochen und Dämpfen vornehmen. Durch die Zubereitung soll aber auch die Schmackhaftigkeit der Nahrung erhöht werden, denn auch sie ist ein wesentlicher Factor für die günstige Ausnützung.

Und diesem vollkommen berechtigten, ja sogar unbedingt nothwendigen Streben, die Speisen schmackhaft zu machen, entspringt auch die Anwendung und der Gebrauch der Würzstoffe und der Genußmittel überhaupt. Als solche müssen wir alle Stoffe ansehen, die selbst nicht als Nahrung dienen, wie die Gewürze, dann aber auch Wein und Bier, Kaffee, Thee, Cacao u. s. f. Die Genußmittel sind es, die uns die Nahrungsaufnahme nicht als Arbeit, sondern als Vergnügen erscheinen lassen, und die verhindern, daß wir der Speisen bald überdrüssig werden. Wie jedes Uebermaß schadet, so würde uns auch ein übermäßiger Gebrauch der Genußmittel bald gegen sie und ihre günstige Wirkung abstumpfen, sie wollen daher nur mäßig und mit Abwechslung gebraucht werden.

Digitized by Google

Ist unsere Nahrung aber in zweckdienlicher Weise zusammengesetzt, verstehen wir es, sie entsprechend zuzubereiten und schmackhaft zu machen, sorgen wir endlich für eine entsprechende Abwechslung, dann können wir — die nöthige Bewegung vorausgesetzt — auch sicher sein, daß sie unser Organismus gut ausnützen, daß sie uns gut bekommen wird.

Leider ist aber gerade eine Kenntnis der Ernährungsvorgänge nur bei Wenigen zu finden, die große Masse nimmt eben die Nahrung auf, ohne sich über ihre Wirkung, Zusammensetzung und Preiswürdigkeit Gedanken zu machen. Gerade in dieser Richtung wäre aber Aufklärung dringend wünschenswerth, umsomehr, als in der rationellen Ernährung ein gutes Stück der Lösung der socialen Frage zu suchen wäre. Es giebt zwar eine Reihe von Schriften, die in leicht verständlicher Weise diese Kenntnis zu vermitteln trachten, wie das treffliche Werk Strohmer's: „Die Ernährung des Menschen"; sie fanden aber noch lange nicht die Verbreitung, die sie mit Rücksicht auf ihre Wichtigkeit verdienen. Um aber auch in dieser Richtung unser Schärflein beizutragen, um zum Studium solcher, im besten Sinne des Wortes gemeinnütziger Werke anzuregen, haben wir die Grundzüge der Ernährungslehre etwas ausführlicher behandelt, als es der Titel dieses Buches verlangt.

Und nun wollen wir uns der Bereitung einiger Nahrungsmittel zuwenden, die uns durch die sich dabei abspielenden chemischen Vorgänge interessiren, um daran eine kurze Besprechung der Conservirungsmethoden zu knüpfen.

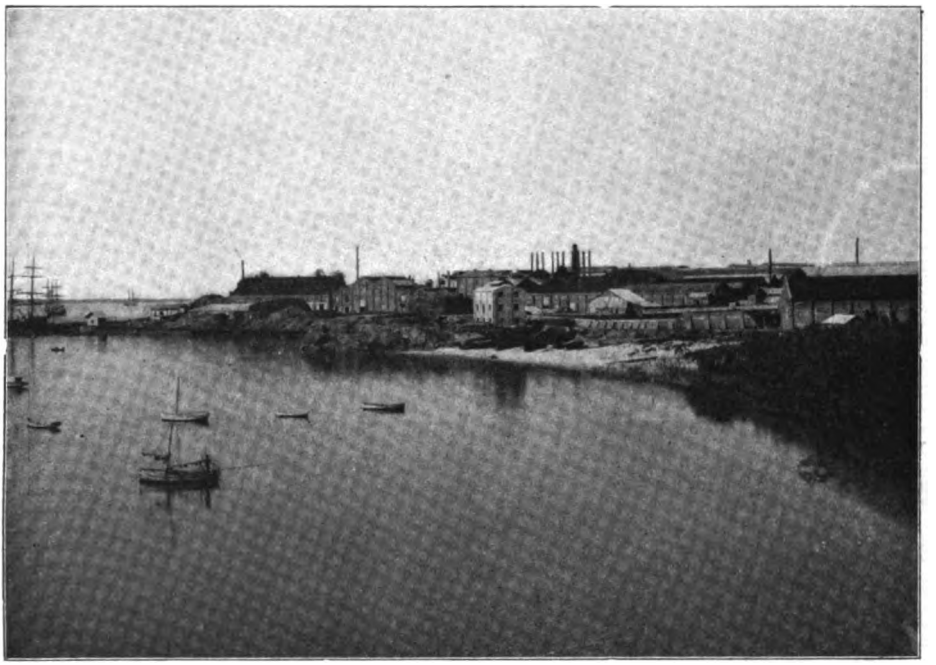
Ein Erzeugnis dieser Art ist das allbekannte und allbeliebte Liebig'sche Fleischextract. Fleischextract ist in Folge seines Gehaltes an natürlichen, leichtlöslichen und nicht coagulirbaren Eiweißstoffen des Muskelfleisches, sowie auch, weil es alle Nährsalze des Muskelfleisches ganz und unverändert in ihrer natürlichen Zusammensetzung enthält, ein Nahrungsmittel, noch mehr aber ein hervorragendes Genußmittel. Als solches besitzt es so treffliche Eigenschaften, und sein diätetischer Werth ist so bedeutend, daß es nur aufrichtig bedauert werden muß, wenn das Fleischextract nicht noch allgemeiner angewendet und verbraucht wird, als dies heute schon der Fall ist.

Die Fabrikation des Fleischextractes entsprang dem Bestreben Liebig's, das von ihm nach allgemeinen physiologischen Erwägungen und auch nach eigener Erfahrung so hoch geschätzte Fleischextract der europäischen Bevölkerung allgemeiner und billiger zugänglich zu machen, zu welchem Zwecke er die Verwendung des kolossalen Viehreichthums Süd-Amerikas anregte. Der Ingenieur Giebert der mit den südamerikanischen Verhältnissen vertraut war, nahm dann diese Anregung auf und gründete, von J. v. Liebig und v. Pettenkofer über die Herstellung von Fleischextract informirt, mit Hilfe tüchtiger Finanzkräfte die Fleischextractfabrik in Fray-Bentos. Heute wird allerdings bereits lebendes Vieh von Süd-Amerika, wie von Australien, nach Europa, wie auch etwas gefrorenes Fleisch (fast nur nach England) transportirt, doch ist der Preis dieses Fleisches in Folge der hohen Frachtkosten ꝛc. noch zu theuer und außerdem scheint die Bevölkerung

Digitized by Google

des Continents das gefrorene Fleisch, welches immerhin etwas verändert ist, schwer oder gar nicht aufzunehmen, wie die bisherigen Versuche gelehrt haben. Und so findet das Fleisch der Rinder Süd-Amerikas, die im Laufe der Jahre durch Züchtung vielfach veredelt wurden, so daß die in Fray-Bentos geschlachteten Ochsen heute das Material der meisten Schlachthäuser Europas in Qualität wohl übertreffen, noch immer die vortheilhafteste Verwerthung durch die Verarbeitung auf Fleischextract.

Diese besteht darin, daß die vier- bis sechsjährigen Thiere aus den unendlichen Weiden Süd-Amerikas den Werken der Liebig-Company zugeführt und hier



Die Etablissements der Liebig-Company in Fray-Bentos.

geschlachtet werden, um aus dem Muskelfleische die Fleischbrühe zu gewinnen, welche dann in concentrirtester Form nach Europa verschifft und hier auf den Markt gebracht wird. Das Fleischextract ist demnach eigentlich nichts anderes als eingedickte Suppe, allerdings eine nach allen Regeln der Kunst und der Wissenschaft bereitete Suppe, die alle werthvollen Bestandtheile einer solchen in hochconcentrirter Form enthält.

Die gewaltigen Etablissements der Liebig's Extract of Meat Company. deren weitläufiger Gebäudecomplex eine kleine Ortschaft bildet, liegen einige Stunden oberhalb der Mündung des Rio negro in den Uruguayfluß, der die Grenze zwischen Uruguay und Argentinien bildet, und an dieser Stelle schon die

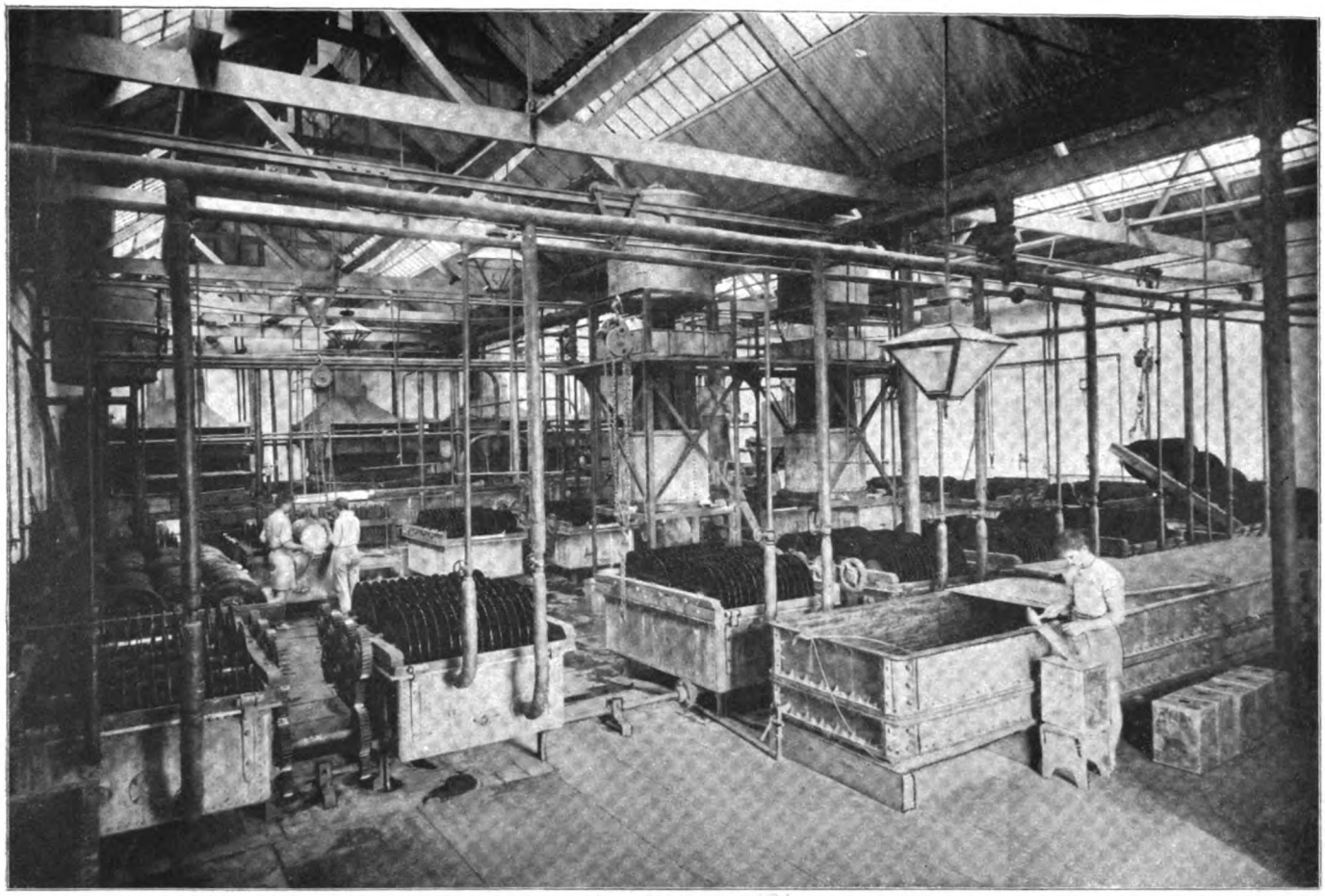
Digitized by Google

ansehnliche Breite von 2 bis 3 km erreicht. Die Fabrik besteht schon über 30 Jahre, sie wurde 1864 nahe der Mündung eines Baches errichtet, der nach einem Mönche den Namen „Fray Bentos" führt. Und aus dieser ersten Anlage entwickelte sich rasch das gewaltige Etablissement zur rationellen Verwerthung des Fleisches und aller Schlachtabfälle, denn der Betrieb ist hier so bis in alle Einzelheiten ausgebildet und durchdacht, daß thatsächlich auch nicht der geringste werthvolle Bestandtheil verloren geht.

Ein „Corral" (Einfriedung für Vieh) bei Fray-Bentos.

Die Liebig-Company besitzt in Fray Bentos nicht nur das größte aller Schlachthäuser in den La-Plataſtaaten, sondern sie hat auch in dem ausgedehnten Viehzuchtbezirke weite Ländereien erworben und gepachtet, um dem eigenen, sich auf ungefähr 50.000 Haupt Rindvieh beziffernden Viehbestand Weide und Unterkunft zu sichern. Die diesem Zwecke dienenden „Estancien" bedecken einen Flächenraum von rund 22 Quadratmeilen, zu denen noch weitere 6 Quadratmeilen gepachtetes Land kommen. Der Viehbestand auf diesen Estancien besteht allerdings nicht ausschließlich aus selbstgezogenem Vieh, sondern hier werden die angekauften Thiere vorerst noch einige Zeit gepflegt, ehe sie den Todesgang antreten.

Digitized by Google



Aus der Fleiſchextract-Fabrik in Fray-Bentos.

Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

Digitized by Google

Im Laufe eines Jahres werden von der Liebig-Company rund 200.000 Stück Vieh geschlachtet und verarbeitet. Zur Beschaffung dieser ganz gewaltigen Menge genügen begreiflicherweise die eigenen Viehbestände nicht. Vielmehr sendet die Company ihre „Troperos" aus, die mit einem Baarvorschusse von mehreren tausend Goldstücken im Gürtel ins Innere des Landes ziehen und dort Vieh ankaufen, das sie dann auf eigene Gefahr nach Fray Bentos bringen.

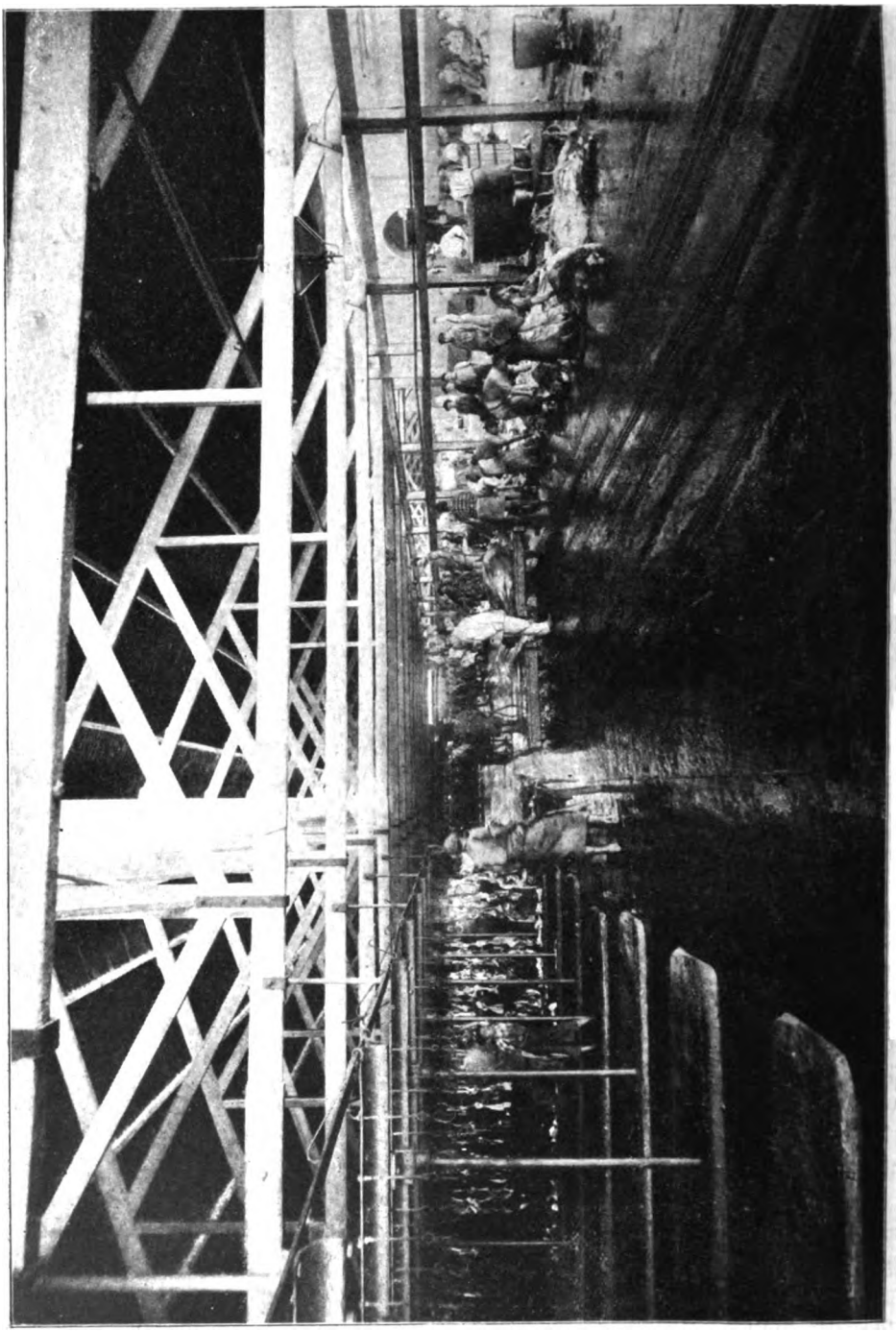
Die dem Tode verfallenen Rinder werden zunächst in eine aus unbehauenen Baumstämmen hergestellte Umzäumung, in einen „Corral" getrieben, der groß genug ist, um etwa 5000 Stück Vieh aufzunehmen. An diese Bucht schließen sich mehrere andere, immer kleinere an, in welche die Thiere nach und nach gedrängt werden. Die Zahl der Rinder, die im Vorwärtsschreiten nebeneinander Platz finden, wird dabei immer kleiner, endlich gelangen sie in eine Umzäumung, in der nur mehr zehn Thiere Platz finden, sie befindet sich schon unmittelbar am Eingang in die Fabrik, an der „Pforte des Todes".

Hier wirft ein Gaucho mit nie fehlender Hand dem Schlachtopfer einen Lasso über die Hörner, und durch eine Dampfwinde wird das Thier auf einen niederen, mit einer Plattform versehenen Karren gezogen. Im selben Augenblicke aber, in dem das Thier diesen Karren betritt, stößt ihm der Schlächter ein kurzes, zweischneidiges Messer zwischen die Halswirbel. Der Stoß durchtrennt das Rückenmark, wie vom Blitze getroffen stürzt das Thier zusammen und ist augenblicklich und unfehlbar todt. Der Karren setzt sich in Bewegung und schleppt das todte Thier nach dem Inneren der Schlachthalle, wo es von kunstfertigen Händen innerhalb weniger Minuten zerstückelt wird, dann gelangen die einzelnen Theile unmittelbar in die verschiedenen Baulichkeiten der Fabrik. Rasche Arbeit ist schon aus dem Grunde nöthig, da innerhalb einer Stunde 150 bis 200 Rinder geschlachtet und in der gleichen Zeit zerlegt sein müssen, da unausgesetzt neue Todescandidaten anlangen, und die Arbeit nicht stocken darf.

Das Fleisch wird in luftigen, äußerst rein gehaltenen Hallen aufgehangen, um hier auszukühlen. Das Fett, die Eingeweide und andere Theile gehen in die Talgschmelze, die Häute kommen in einen Saladero, in dem sie eingesalzen und aufgespeichert werden. Die Rinderzungen werden in Blechdosen eingelegt und conservirt und bilden, unter dem Namen „Fray Bentos-Zunge" bekannt, ein ganz vortreffliches Essen. Auch die Knochen und Hörner werden natürlich gesammelt, um für sich verwerthet zu werden, die Schenkelknochen werden zunächst mittelst einer Kreissäge zerschnitten, um das Mark zu gewinnen, aus dem ein vortreffliches, butterähnliches und sehr theuer bezahltes Speisefett gewonnen wird. Die entfetteten und entleimten Knochen werden endlich zu Knochenmehl verarbeitet.

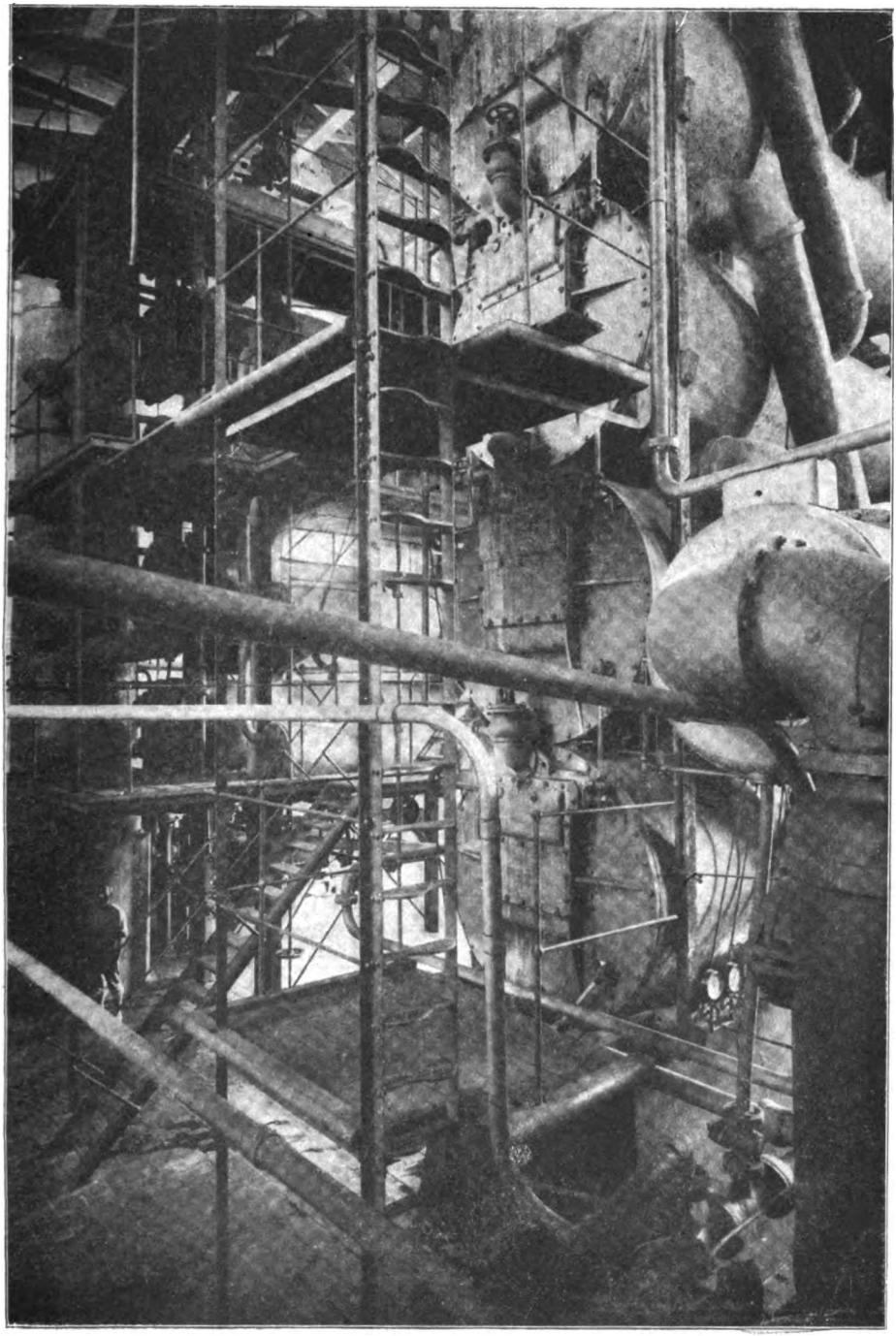
Nur das beste, fettfreie Fleisch dient zur Bereitung des Fleischextractes. Zunächst wird es in besonderen Maschinen fein zerhackt und dann unter beständigem Umrühren in großen flachen Pfannen, die mit Dampfheizung versehen sind, gekocht, um die Fleischbrühe zu gewinnen. In weiteren Pfannen überläßt man dann die Brühe der Ruhe, um das Fett und den Schaum abzuscheiden, von hier gelangt

Digitized by Google



Inneres einer „Playa“ (Schlachthalle) der Liebig-Company in Fray-Bentos.

Digitized by Google



Apparate zur Fabrikation des Fleischextractes.
(Fray-Bentos.)

Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

Digitized by Google

sie nach den großen Vacuumapparaten, die ganz ähnlich jenen eingerichtet sind, die man in der Zuckerfabrikation benützt. Das beigeheftete Cartonvollbild veranschaulicht diesen Theil des Etablissements.

In den Vacuumapparaten wird die Fleischbrühe aber noch nicht vollständig eingeengt, sondern sie verläßt sie im dickflüssigen Zustande, um in mächtigen Filterpressen nochmals von allen fremden und ungelösten Stoffen befreit zu werden. Dann erst wandert sie nach der Concentrationsabtheilung, in der sie bis zu der Consistenz eines dicken Extractes eingedickt wird, um dann in große Blechkanister

Ansicht eines Häutedepots (Saledero) der Fleischextractfabrik in Fray-Bentos.

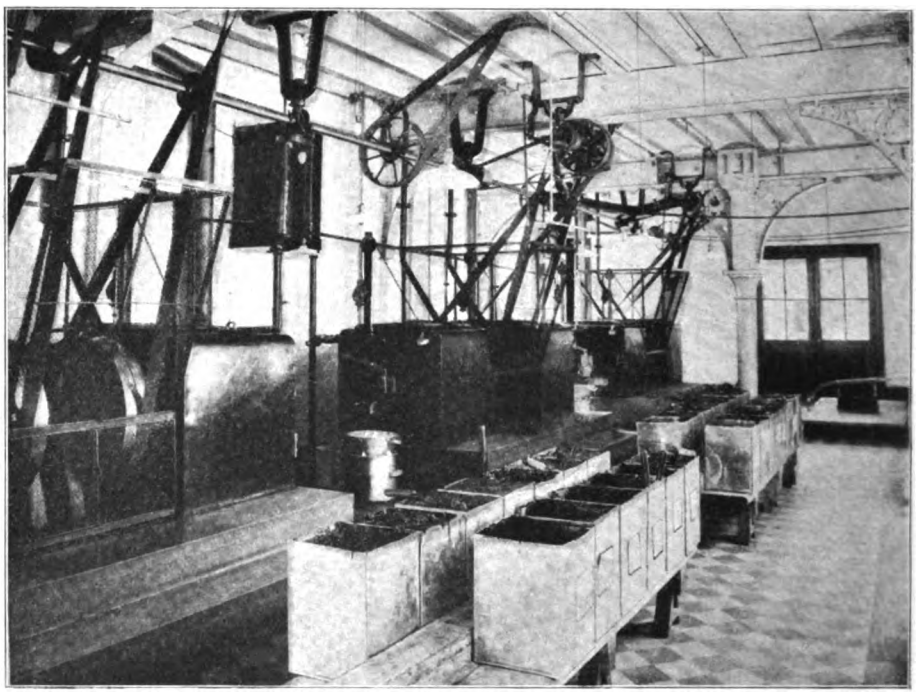
eingefüllt und in diesen nach Antwerpen an das Centraldepot der Liebig-Company verschifft zu werden. Hier werden aus jedem Gefäße Proben genommen, und zur Controle an den wissenschaftlichen Beirath der Gesellschaft (Geheimrath Professor Dr. M. v. Pettenkofer und Geheimrath Professor Dr. C. v. Voit in München) geschickt. Erst wenn das wissenschaftliche Departement die Proben analysirt und den hohen Anforderungen Liebig's entsprechend gefunden hat, wird das Extract unter mäßigem Erwärmen und Umrühren nochmals verflüssigt und dann erst in die zierlichen Steinguttöpfchen gefüllt; diese Manipulation veranschaulichen unsere Abbildungen.



Digitized by Google

In einem weiteren Theile des Etablissements werden die Zungen, dann die mit Gemüse versetzte Ochsenschwanzsuppe, die hauptsächlich in England consumirt wird, und der Corned Beef zubereitet — Nahrungsmittel, die sich nicht nur durch einen sehr angenehmen Geschmack, sondern auch durch einen bedeutenden Nährwerth auszeichnen.

Die zwecks Herstellung des Fleischextractes ausgekochten Fleischtheile werden zur Bereitung eines sehr werthvollen Viehfutters, des Fleischfuttermehles verwendet. Das ausgekochte Fleisch wird zunächst ausgepreßt, dann durch heiße Luft vollständig getrocknet und endlich, wenn nöthig, noch weiter zerkleinert.



Vorrichtung zur Verflüssigung des Fleischextractes. (Liebig-Company, Antwerpen.)

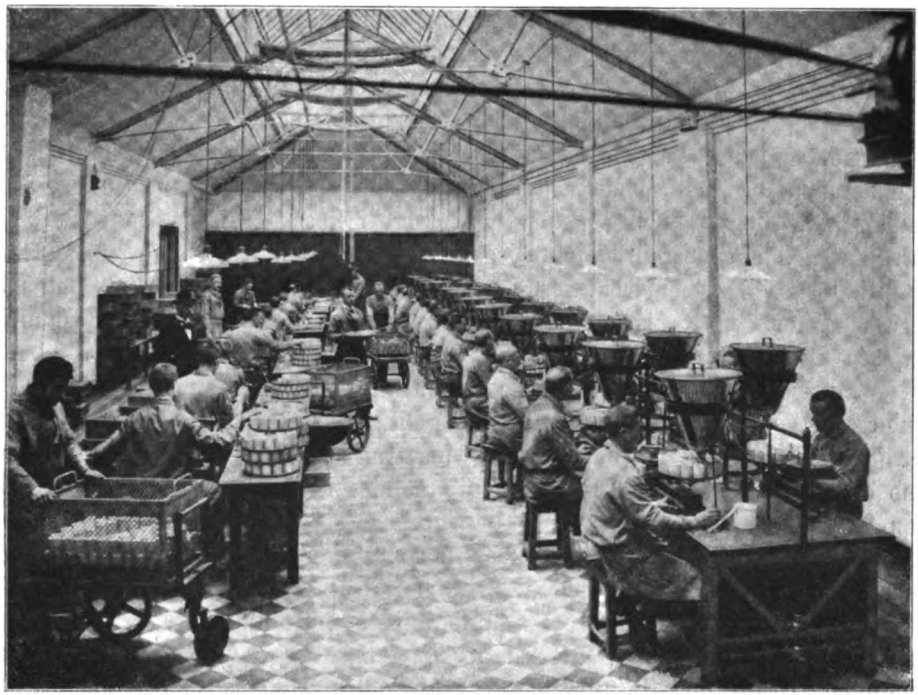
Ein ähnliches Verfahren wird auch bei der Aufarbeitung der Rückstände der Talgschmelzerei beobachtet, man schleudert sie zunächst in Centrifugen ab, um das anhaftende Fett zu gewinnen und läßt sie dann auf großen, gepflasterten Tennen trocknen. Endlich werden sie vermahlen und als Düngemittel verkauft.

So sehen wir, daß in den Etablissements der Liebig's Extract of Meat Company nicht allein Fleischextract dargestellt wird, sondern daß auch alle anderen irgendwie werthvollen Theile des Thierkörpers einer zweckentsprechenden Verarbeitung unterworfen werden. Dies gilt auch von den Stoffen, die in dem Abwasser der Fabrik, das zur Reinhaltung der gewaltigen Anlage und zu anderen

Digitized by Google

Zwecken dient, enthalten sind. Diese Stoffe dienen unzähligen Fischen zur Nahrung, die sich in der Bucht, in welche diese Abwässer fließen, ansammeln und aufhalten. Täglich wird in dieser Bucht ein ergiebiger Fischzug gemacht, der Fang wird theilweise von den Bewohnern der Stadt Independencia und Umgebung verspeist, die weniger geschätzten Fische werden mit Dampf ausgesotten. Das dadurch gewonnene Fischöl wird vergast und versorgt die große Arbeitercolonie von Fray-Bentos mit Licht, während die Fabrik selbst jetzt elektrisch beleuchtet wird.

Im Großen und Ganzen betrachtet, haben wir es also in Fray-Bentos mit



Einfüllen des Fleischextractes in die Töpfe. (Liebig-Company, Antwerpen.)

einer genial durchdachten Anlage zur Verwerthung des Fleisches und aller Schlachtabfälle zu thun. Und der Umstand, daß die erste Anregung hierzu von einem Chemiker, von Altmeister Liebig, ausging, beweist schon, daß wir hier einen Zweig der chemischen Industrie vor uns haben.

Fleischextract ist, wie schon oben erwähnt, ein Nahrungs- und Genußmittel zugleich, hervorragend durch seine die Verdauung anregenden und fördernden Eigenschaften. J. v. Liebig hat genaue Anforderungen an die Zusammensetzung seines Fleischextractes gestellt, die noch immer sorgfältig eingehalten werden und so für die Güte des Extractes bürgen. Das Extract darf weder coagulirbare



Digitized by Google

Eiweißstoffe noch Fett enthalten. Von löslichen Eiweißstoffen darf es nur die natürlichen, im Muskelfleische vorhandene besitzen; minderwerthige, künstlich zugesetzte Eiweißsubstanzen würden durch eine Verringerung des in 80%igem Alkohol löslichen Antheiles des Extractes erkannt werden, dessen Gehalt, wie jenen der Mineralbestandtheile (Fleischsalze ohne Kochsalzzusatz) und der Feuchtigkeit J. v. Liebig normirt hat. Fleischextract enthält also in concentrirtester Form nur die natürlichen löslichen Bestandtheile des Fleisches. Von hervorragendem Werthe sind auch gewisse darin enthaltene stickstoffhaltige Extractivstoffe, die sogenannten „Fleischbasen". Sie regen den Verdauungsapparat an, vermehren die Absonderung der Verdauungssäfte und wirken endlich wohlthätig auf die Thätigkeit des Herzens und des Nervensystems. Die gleichen Stoffe (Kreatin, Kreatinin, Sarkin und Xanthin) sind aber auch, allerdings in bedeutender Verdünnung, in der gewöhnlichen Suppe enthalten und deshalb empfiehlt man auch Kranken und Reconvalescenten den Genuß von Fleischbrühe, besonders von Hühnersuppe, da das Hühnerfleisch die größte Menge dieser Stoffe enthält, ihm zunächst steht dann das Rindfleisch. Im Liebig'schen Fleischextracte sind diese werthvollen Stoffe aber in besonders concentrirter Form vorhanden. — 1 kg Extract entspricht etwa 34 kg knochenfreiem Fleische und es ist daher erklärlich, daß mit diesem werthvollen Präparate bereitete Suppen oder Gemüse besonders günstig auf den Organismus wirken werden.

Aber auch die im Fleischextracte enthaltenen Salze sind von Bedeutung. Sie sind es, die das Material zur Knochenbildung liefern und deshalb ist das Liebig'sche Fleischextract auch ein treffliches Mittel, um Kindern das Zahnen zu erleichtern und die zum Aufbaue des Knochengerüstes nöthige Menge von Salzen, besonders von Phosphaten zu liefern.

Das Fleischextract ist daher sowohl ein treffliches diätetisches, wie ein vorzügliches Genußmittel, dessen hoher Werth über jeden Zweifel erhaben ist. — —

Wir wollen nun ein anderes Nahrungsmittel besprechen, nähmlich die Kunstbutter oder das Margarin. Ueber dieses Erzeugnis, dessen Darstellung auf Veranlassung Napoleon III. zuerst durch Mège-Mouriès im Jahre 1869 gelehrt wurde, sind heute noch die absonderlichsten Anschauungen im Umlaufe — Anschauungen, die allerdings zum größten Theile auf jene Kreise zurückzuführen sind, die sich durch das neue Product geschädigt glaubten. Die Kunstbutter, die unter Einhaltung der peinlichsten Reinlichkeit aus bestem Rindertalg bereitet wird, ist aber ein für die Ernährung sehr werthvolles und dabei billiges Product, so daß es einen ausgezeichneten Ersatz für die nothwendigerweise immer theuere Kuhbutter bildet. Um aber die Unterschiede zwischen Kuh- und „Ochsenbutter", wie das Margarin wohl auch scherzweise genannt wird, recht deutlich zu machen, wollen wir zunächst die Beschaffenheit der Milch und den Vorgang der Buttergewinnung uns vergegenwärtigen.

Die Milch ist durchaus keine Lösung. Sie enthält zwar gewisse Körper gelöst, andere wieder, wie der Käsestoff und das Fett, sind in der Milch nur in sehr

Digitized by Google

feiner Vertheilung vorhanden. Der Hauptsache nach besteht sie aus Wasser, Fett, Käsestoff, Eiweiß, Milchzucker und Salzen. An einer früheren Stelle dieses Buches haben wir schon darauf hingewiesen, daß der Käsestoff, der ebenfalls seiner Zusammensetzung nach zu den Eiweißkörpern gehört und deshalb ein sehr werthvolles Nahrungsmittel bildet, in der Milch nur im gequollenen Zustande enthalten ist, und dies nur so lange, als er sich in Verbindung mit Kalk befindet. Wird ihm der Kalk entzogen, etwa durch freie Säure, wie Milchsäure, so scheidet sich der Käsestoff aus und die Milch gerinnt. Die gleiche Erscheinung können wir aber auch durch einen wässerigen Auszug der Schleimhaut junger Kälbermagen hervorrufen, dann ist es ein in diesem Auszuge, dem Labextracte, enthaltenes chemisches Ferment, welches das Gerinnen der Milch verursacht.

Von beiden Arten der Ausscheidung des Käsestoffes wird in den Molkereien Gebrauch gemacht. Die sogenannten Sauermilchkäse, zu denen der bekannte Topfen gehört, werden aus dem Käsestoffe freiwillig durch Säuerung geronnener Milch erzeugt, während die Süßmilchkäse, wie Emmenthaler, Camembert u. s. w., aus ungesäuerter Milch dargestellt werden, deren Käsestoff man mittelst des Labextractes ausfällt.

Im Mittel enthält die Kuhmilch:

| | |
|---|---|
| Feste Stoffe (Trockensubstanz) . . . | 12·5% |
| Käsestoff, Albumin ꝛc. . . . . | 3·9% |
| Fett . . . . . | 3·4% |
| Milchzucker . . . . . | 4·5% |
| Asche . . . . . | 0·7% |

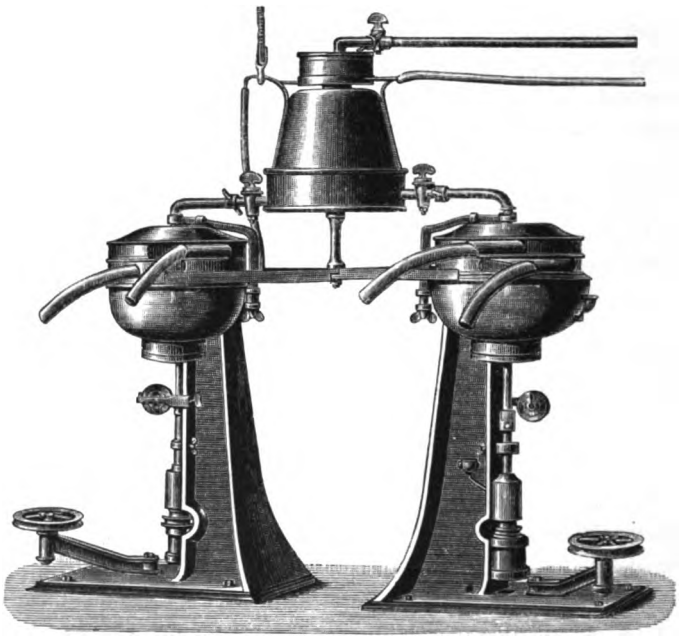
Auch das in der Milch enthaltene Fett ist nicht gelöst, sondern in Form unzähliger kleiner Tröpfchen in der Milch vertheilt. Wir werden uns nun die Frage vorlegen, welche geheimnisvolle Kraft diese Fett- oder Milchkügelchen, deren mittlerer Durchmesser nur ungefähr 0·004 mm beträgt, vor der Vereinigung bewahrt und sie im flüssigen Zustande erhält, obwohl das Butterfett auch nur aus Stearin, Palmitin und Olein besteht, und bei gewöhnlicher Temperatur ziemlich consistent ist.

Der Grund dieser Erscheinung ist aber darin zu sehen, daß sich das Fett im Zustande der Unterkühlung befindet. Kühlt man beispielsweise Wasser in einem Gefäße vorsichtig unter Vermeidung jeder Erschütterung ab, so gelingt es, seine Temperatur weit unter den Gefrierpunkt zu erniedrigen, ohne daß sich Eis bildet. Erschüttert man aber dann das Gefäß, so tritt plötzlich Eisbildung ein. Auch die Fettkügelchen der Milch verhalten sich so, wenn wir aber das Verhalten des Wassers zu dem Vergleiche heranziehen, so dürfen wir nicht übersehen, daß der Schmelzpunkt des Butterfettes weit höher liegt als der des Eises, so daß die Fettkügelchen der Milch bei der Körpertemperatur der Kuh eigentlich schon fest sein sollten. Durch Stoß oder Schlag, wie dies beim Buttern der Fall ist, bringt man aber auch diese unzähligen Fetttröpfchen zum Erstarren und zur

Digitized by Google

Vereinigung. Daß dieser Vorgang aber nicht plötzlich verläuft, sondern einige Zeit benöthigt, hat seine Ursache darin, daß die flüssigen Fetttröpfchen anziehend auf die in der Milch gelösten Stoffe wirken und gewissermaßen sie um sich verdichten. Diese „flüssigen Hüllen", die reicher an gelösten Stoffen sind wie die Milch selbst, müssen zunächst zerstört und durch die mechanische Bearbeitung beim Buttern durchbrochen werden, ehe die Fetttröpfchen erstarren und sich vereinigen können.

Ueberläßt man die Milch der Ruhe, so steigen die Fetttröpfchen, da sie specifisch leichter sind wie die Milch, empor, und sammeln sich an der Oberfläche



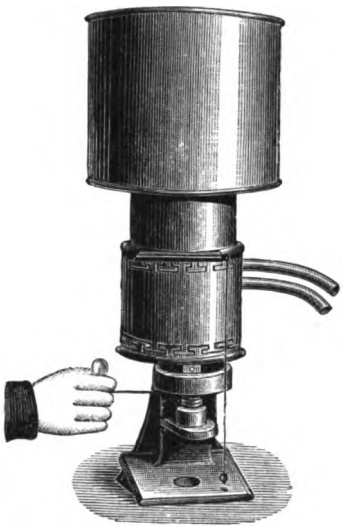
Milchcentrifugen für Maschinenbetrieb, System Laval.

als „Rahm" an. Der Rahm wird abgeschöpft und weiter verarbeitet, da man es gewöhnlich vorzieht, Butter nicht aus der „Vollmilch", sondern aus dem weitaus fettreicheren Rahme herzustellen. Die Abscheidung der Rahmschicht oder das „Aufrahmen" läßt sich aber bedeutend beschleunigen, wenn man die Milch in flachen Gefäßen aufstellt, und sie gleichzeitig kühlt, wodurch auch der vorzeitigen Säuerung vorgebeugt wird.

In den großen Molkereien und selbst auf kleinen Oekonomien hat man aber heute dieses Verfahren der Rahmgewinnung fast ganz verlassen, und ist zur Rahmgewinnung durch Centrifugiren übergegangen. Setzt man nämlich die Milch der Fliehkraft aus, so bewirkt diese eine Trennung der Milch in zwei Schichten. Die äußere Schicht enthält die schweren Bestandtheile der Milch, wie Wasser,

Digitized by Google

Käsestoff u. s. f., den inneren Raum nimmt der specifisch leichteste Bestandtheil, das Fett ein. Sorgt man nun durch geeignete Vorrichtung dafür, daß sowohl der Rahm, wie auch die entfettete Milch, die Magermilch gleichmäßig abgeleitet wird, und läßt man im gleichen Verhältnisse stets frische Vollmilch zufließen, so gelingt es, die Entrahmung in einen continuirlichen Vorgang umzuwandeln, und sie in weniger Minuten durchzuführen, als man früher Stunden dazu benöthigte. Außerdem vermag man mit Hilfe der Centrifuge die Milch bis auf wenige Zehntel Procente Fett zu entrahmen, überhaupt so vollständig, wie es nach dem alten Verfahren der freiwilligen Aufrahmung niemals gelingt.



Handseparator (Milchcentrifuge) „Kolibri". (Construction der Bergedorfer Eisenwerke.)

Um aus dem Rahme Butter herzustellen, wird er im Butterfasse geschlagen. Auch das alte, ein ständiges Attribut der Sennerin auf Gemälden bildende Butterfaß mußte neuen, besseren und zweckmäßigeren Constructionen weichen. An Stelle dieses „Stoßbutterfasses" traten die Rollbutterfässer, um eine Achse rotirende Fässer, die innen mit Schlagleisten versehen sind. Man hat übrigens auch Vorrichtungen construirt, die selbstthätig die Milch entrahmen und den Rahm in Butter verwandeln, die also eine Combination von Centrifuge und Butterfaß bilden.

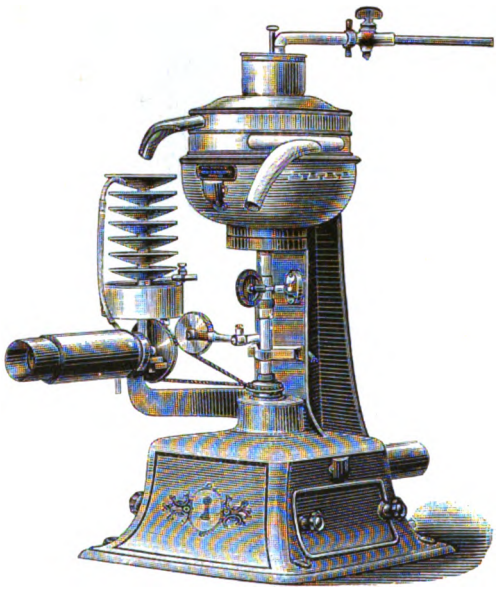
Stoßbutterfaß.

Rollbutterfaß.

Die dem Butterfasse entnommene Butter ist aber noch durchaus nicht consumfähig, und wohl jeder war bitter enttäuscht, der Gelegenheit hatte, vollkommen frische Butter, in dem Zustande, wie sie aus dem Butterfasse kommt, zu kosten.

Digitized by Google

Denn die Butter enthält noch bedeutende Mengen Flüssigkeit, die sogenannte „Buttermilch" eingeschlossen, und diese wird ihr durch Kneten und Salzen entzogen. Häufig färbt man auch die Butter mit harmlosen Pflanzenfarbstoffen, wie Orleans, um ihr ein gefälligeres Aussehen zu ertheilen. Die Farbe der Butter hat übrigens mit der Qualität nichts zu thun, und wird einzig und allein durch die Futtermittel bestimmt, die wir den Kühen vorlegen. Kühe, die sich auf der Weide ernähren, liefern in der Regel eine dunkelgelb gefärbte Butter, die besser sein soll als solche, die bei Stallfütterung gewonnen wird. Bei rationeller Stallfütterung wird aber wohl kaum ein Unterschied wahrzunehmen sein, das Publicum wünscht aber eine gelbe Butter, die ja thatsächlich auch besser aussieht wie ein weißes, talgähnliches Product, und deshalb wird in der Regel durch ein wenig Orleansfarbstoff der Natur nachgeholfen.



Laval's „Butterextractor".

Nun wollen wir uns mit der Kunstbutter, dem Schreckgespenst vieler Hausfrauen, befassen. Das Rohmaterial für ihre Erzeugung bildet, wie wir wissen, frischer Rindertalg.

Der Rindstalg wird, sobald er in die Fabrik gelangt, mit kaltem Wasser gründlich gewaschen und dann mit Vorrichtungen, die wir schon in dem Abschnitte über die Fette und Oele kennen lernten, zerkleinert. Dann wird er in geschlossenen Gefäßen bei niedriger Temperatur geschmolzen, von den Grieben getrennt und in flachen Schüsseln bei einer Temperatur von 25° sich selbst überlassen.

Die Zusammensetzung der Fette ist uns bekannt. Wir wissen, daß sie aus Estern des Glycerins bestehen, und zwar betheiligen sich an der Bildung dieser Ester hauptsächlich Stearinsäure, Palmitinsäure und Oelsäure. Die Erstarrungspunkte dieser Säuren und ihrer Ester sind aber verschieden, und besonders die Oelsäure besitzt einen sehr niederen Erstarrungspunkt. Läßt man also den geschmolzenen Talg langsam erkalten, so erstarrt zunächst das Stearin und Palmitin und scheidet sich in Form einer krystallinischen Masse aus, während eine Lösung von Stearin und Palmitin in Olein hinterbleibt.

Der feste und der flüssige Antheil werden dann, in ähnlicher Weise wie man zur Gewinnung des Rohmateriales in der Kerzenfabrikation verfährt, nur mit dem

Digitized by Google

Unterschiede, daß man dort die freien Fettsäuren, bei der Darstellung der Kunstbutter aber die unveränderten Fette verarbeitet, durch Abpressen getrennt. Das Gemenge von Stearin und Palmitin wird in der Kerzenfabrikation verwendet, der bei gewöhnlicher Temperatur aber butterähnliche Antheil ist das Oleomargarin, aus dem durch weitere Behandlung die Kunstbutter erzeugt wird.

Das sogenannte Oleomargarin ist schon an und für sich ein reines Gemenge von Fetten, das ganz gut genossen werden kann. Aus 100 Theilen Talg gewinnt man rund 60 Theile dieser Substanz, sie wird häufig in diesem Zustande zur Verfälschung der Butter, mehr noch aber des Rindschmalzes verwendet. Um ihr aber den Charakter guter Butter zu ertheilen, muß sie noch einer weiteren Behandlung unterworfen werden.

Zunächst handelt es sich darum, dem Präparate ganz die Consistenz der Butter zu ertheilen. Wenn das Oleomargarin auch bei gewöhnlicher Temperatur die charakteristische Weichheit der Butter zeigt, so wird es doch schon bei einigermaßen niederen Temperaturen hart und krümmelig. Um dies zu verhüten, setzt man dem Oleomargarin, nachdem es erwärmt wurde, etwas reines Oel, gewöhnlich Sesam- oder Erdnußöl zu. Dann wird es mit Milch im Butterfasse verarbeitet, gefärbt, sorgfältig gewaschen, geknetet und gesalzen, und ist nun zum Verkaufe bereit.

Die Herstellung der Kunstbutter ist also ein sehr einfacher Vorgang, der noch das Gute für sich hat, daß das Product nicht mit der Hand berührt zu werden braucht und auch nicht berührt wird. Die ganze Fabrikation wird mit Hilfe maschineller Vorrichtungen besorgt, und dies bietet schon eine Gewähr dafür, daß die Darstellung allen Anforderungen der Reinlichkeit entspricht. Und in der That ist schon von diesem Standpunkte aus gute Kunstbutter den zweifelhaften Producten, die unter der Flagge der „echten Land- und Bauernbutter" segeln, die in einem von Schmutz starrenden Stalle aus Milch, die von schlecht genährtem oder krankem Viehe stammt, unter allen Umständen vorzuziehen.

Als die Kunstbutter auf dem Markte erschien, haben die Landwirthe begreiflicherweise alles daran gesetzt, sich des unangenehmen Concurrenten zu entledigen. Man warf der Fabrikation Unsauberkeit vor, man trachtete das Product in jeder Richtung herabzusetzen und schlecht zu machen, und rief nach Bestimmungen, die den Handel mit Kunstbutter unterbinden sollten.

Nun, wie es mit der Reinlichkeit in den Margarinfabriken bestellt ist, haben wir schon besprochen. Es möge nur noch bemerkt werden, daß die Reinlichkeit bei ihrer Bereitung nicht nur aus dem Grunde geboten ist, da es sich um die Darstellung eines Nahrungsmittels handelt, sondern auch deshalb, da nur unter Einhaltung der peinlichsten Sauberkeit ein wirklich tadelloses Product erzeugt werden kann. Aus dem gleichen Grunde ist aber auch der Fabrikant genöthigt, wirklich nur ganz frischen und sorgfältig gereinigten Talg zu verarbeiten — geschieht dies nicht, so rächt sich dies bitter an dem Erzeugnisse, das gewiß dann von den Consumenten zurückgewiesen würde.

Digitized by Google

Auch den Zusatz von Sesam- oder Erdnußöl hat man verübelt. Dies wohl nur in Unkenntnis der Thatsache, daß diese Oele im frischen Zustande ausgezeichnete Speiseöle sind, die sich weder durch ihre chemische Beschaffenheit, noch durch den Geruch oder Geschmack von dem Olivenöle unterscheiden. Wir Alle haben gewiß nicht nur einmal, sondern schon oft Sesam- und Erdnußöl genossen, und uns danach nicht minder wohl befunden wie sonst.

Wird die Darstellung der Kunstbutter richtig geleitet, so gelingt es sogar ein Product herzustellen, das selbst der Kenner nicht, oder doch nur schwer von Kuhbutter zu unterscheiden vermag. Ja, es hat sich sogar schon mehrmals der Fall ereignet, daß Kunstbutter auf Ausstellungen als echte Kuhbutter — prämiirt wurde.

Betrachten wir sie als Nahrungsmittel, so kann auch keine einzige berechtigte Einwendung gegen sie erhoben werden. Kunstbutter besitzt in chemischer Hinsicht die gleiche oder doch eine ganz ähnliche Zusammensetzung wie das Fett der Thiere, das wir in unseren Fleischspeisen täglich verzehren. Dazu kommt noch, daß die Kunstbutter billiger ist als Kuhbutter, wir müssen sie daher als ein werthvolles Nahrungsmittel bezeichnen, das berufen ist, den unbemittelten Bevölkerungskreisen die theure, oft unerschwingliche Kuhbutter zu ersetzen und sie mit einem guten, dabei aber billigem Fette zu versorgen.

Aus dem Gesagten soll aber durchaus nicht der Schluß abgeleitet werden, die Kunstbutter sei der Kuhbutter in jeder Beziehung ebenbürtig. Einzig und allein als Nahrungsmittel betrachtet, ist sie es allerdings. Die Kuhbutter besitzt aber auch noch andere Eigenschaften als die, unserem Organismus einen Theil des von ihm benöthigten Fettes zuzuführen. Gute, frische Kuhbutter ist mehr oder minder ein Genußmittel, das sich durch einen angenehmen feinen Geschmack und durch ein zartes Aroma auszeichnet. Wohl gelingt es in manchen Fällen, diese Eigenschaften künstlich ebenso hervorzurufen, wie sie in der Kuhbutter vorhanden sind. Die Regel wird dies aber nicht sein und schon deshalb wird die Kunstbutter auch immer billiger sein müssen.

Alle diese Eigenschaften und der billige Preis kommen aber nur dann zur Geltung, wenn die Kunstbutter als das verkauft wird, was sie ist. Dies geschieht aber leider durchaus nicht immer, häufig wird sie einfach als Naturbutter feilgehalten, oder doch zur Verfälschung dieser benützt, und darin liegt die Gefahr des offenen, uneingeschränkten Verkehres und Handels mit diesem werthvollen Erzeugnisse. Wenn gegen einen solchen Mißbrauch die Hilfe und der Schutz der Gesetze angerufen wird, so hat dies seine volle Berechtigung, denn der Käufer, der Naturbutter verlangt und einen angemessenen Preis dafür bezahlt, der will auch wirklich Naturbutter erhalten.

Reine Kunstbutter läßt sich leicht von reiner Naturbutter unterscheiden. Zwar kann dieser Beweis nur von einem Chemiker geführt werden, der mit den nöthigen Hilfsmitteln ausgerüstet ist, und selbst dann benöthigt er zu einer solchen Untersuchung mehrere Stunden, immerhin kann aber der Nachweis erbracht werden. Anders ist es dagegen, wenn Gemische von Natur- und Kunstbutter zur Unter-

Digitized by Google

suchung vorliegen. Dann kann wohl die betreffende Butter als „verdächtig" bezeichnet werden, ein sicherer Nachweis ist aber nur dann möglich, wenn die Verfälschung schon eine sehr grobe ist. Eine gewisse Unsicherheit haftet diesen Untersuchungen immer an, umsomehr, wie neuere Versuche gezeigt haben, die Fütterung und die Art des Futters auf die Beschaffenheit der Butter sehr großen Einfluß nimmt. Durch Verabreichung von Leinöl beispielsweise kann man unzweifelhaft echter Butter eine solche Zusammensetzung ertheilen, das sie auf Grund derselben als Kunstbutter angesehen werden muß. Um daher niemandem unrecht zu thun, sind die Grenzzahlen so weit gewählt, daß eher ein Fälscher durchschlüpft als ein Unschuldiger schuldig erklärt wird.

Um solche Fälle aber ganz unmöglich zu machen, und die Unterscheidung zwischen echter und künstlicher Butter mit vollster Sicherheit durchführen zu können, hat es an verschiedenen dankeswerthen Vorschlägen nicht gefehlt. Sie sind um so leichter durchzuführen, als die Erzeugung der Kunstbutter nur im Großen und fabriksmäßig geschehen kann und sich daher leicht überwachen läßt.

So wurde verlangt, Kunstbutter müsse auffällig, und zwar blau gefärbt werden, und dürfe nur in diesem Zustande verkauft werden. Daß man diesen frommen Wunsch gewisser Kreise nicht erfüllt hat, ist leicht begreiflich, denn es würden sich für blaue Butter — und wären ihre Eigenschaften noch so vorzüglich — kaum ein Käufer gefunden haben. Auch wäre dies der vollständige Ruin einer volkswirthschaftlichen wichtigen, sich kräftig entwickelnden und besonders in Deutschland zu schöner Blüthe gediehenen chemischen Industrie geworden.

Dagegen hat die Gesetzesbestimmung Eingang gefunden, daß jede Kunstbutter mit einer gewissen Menge Sesamöl versetzt werden muß. Das Sesamöl läßt sich durch chemische Reactionen verhältnismäßig leicht nachweisen und muß daher unzweifelhaft zur Erkennung von Kunstbutter oder mit solcher verfälschter Naturbutter führen.

Leider wurde aber ein noch weitergehender, von Professor Soxhlet in München herrührender Vorschlag nicht mit dem Beifalle aufgenommen, den er verdient hätte. Soxhlet empfahl nämlich, der Kunstbutter eine geringe Menge eines Körpers, der unter dem Namen Phenolphthaleïn bekannt ist, zuzusetzen. Das Phenolphthaleïn bildet ein gelbliches Pulver und ist in Wasser nur sehr wenig, leicht dagegen in Alkohol löslich. Mit einem Alkali zusammengebracht, färbt es sich aber intensiv roth, und die Färbung tritt selbst bei Anwesenheit von Spuren dieses Körpers noch mit großer Deutlichkeit auf. Man brauchte somit mit Phenolphthaleïn versetzte Butter nur mit einem Alkali, etwa mit Sodalösung zu betupfen, um sie an der sofort auftretenden Rothfärbung unzweifelhaft zu erkennen. Dadurch wäre aber der Consument in die Lage versetzt worden, sich selbst, ohne die Hilfe eines Chemikers beanspruchen zu müssen, von der Beschaffenheit seines Kaufes zu überzeugen. Leider ist dieser Vorschlag aber nicht durchgedrungen, und es bleibt daher Sache der Marktpolizei, darüber zu wachen, daß nicht Kunstbutter als Naturbutter feilgehalten werde.

Digitized by Google

Gute, richtig bereitete und dann angenehm schmeckende Kunstbutter ist aber ein werthvolles Nahrungsmittel, das für den Wissenden durchaus nichts Abstoßendes oder Widerliches besitzt. Nur muß man der Wahrheit die Ehre geben und sie nicht unter falscher Flagge segeln lassen. Ist endlich einmal dieser Zustand erreicht, dann werden die Erzeuger der Naturbutter gewiß nur ihren Vortheil davon haben, denn es ist zu erwarten, daß sie dann für gute und frische Naturbutter noch bessere Preise erzielen werden als bisher. — — —

Und nun wollen wir noch die Grundzüge eines weiteren, ebenfalls ausgesprochenen chemischen Gewerbes kennen lernen, das im Gegensatze zur Bereitung der Kunstbutter, die erst in den letzten Jahrzehnten begonnen hat, so alt ist, daß wir seinen Ursprung nicht mehr nachweisen können. Dies ist die **Brotbereitung**. Schon die ältesten Völker, von denen wir Nachricht haben, waren, sobald sie seßhaft geworden, mit dieser Kunst vertraut, und wir müssen daher annehmen, daß man schon in sehr früher, in vorgeschichtlicher Zeit verstanden hat, das Mehl des Getreides durch den Backproceß in günstiger Weise zu verändern. Das Wesen dieses Vorganges, den Chemismus der Brotbereitung hat man aber auch erst in diesem Jahrhunderte ergründet und erforscht. Mit diesem Zeitpunkte hat man aber auch begonnen, der Brotbereitung erhöhtes Augenmerk zuzuwenden, und sowohl die Herstellung dieses wichtigen Nahrungsmittels, wie auch seine Zusammensetzung in günstiger Weise zu beeinflussen. Und jetzt ist glücklicherweise der Zeitpunkt gekommen, wo die kleinen Backstuben, in denen in mitunter nichts weniger als appetitlichen Weise das „tägliche Brot", dieses Sinnbild der Nahrung, bereitet wurde, nach und nach, wenn auch nur sehr langsam, zu verschwinden beginnen, um großen Brotfabriken, die mit allen erforderlichen Maschinen, mit zweckmäßigen Backöfen u. s. f. ausgerüstet sind, das Feld zu räumen.

Die Brotbereitung bezweckt, das aus den Cerealien gewonnene Mehl in solcher Weise sowohl chemisch, wie physikalisch zu verändern, daß es als Nahrungsmittel geeignet wird. Die Beschaffenheit des Brotes ist aber nicht nur von der Art und Weise seiner Bereitung, sondern auch von der Beschaffenheit des Mehles abhängig. Da nun auch die Müllerei in der zweiten Hälfte dieses Jahrhundertes wesentlich verbessert wurde, und es die verschiedenen, sinnreichen, ihr zu Gebote stehenden Apparate gestatten, ein weit besseres Mehl zu erzeugen als vordem, ist schon dadurch das Brot besser geworden.

Der Zweck der Müllerei ist, den Mehlkörper des Getreidekornes von dem Hüllkörper, der Schale, im zerkleinerten Zustande „Kleie" genannt, zu trennen. Die Kleie ist aber der Hauptsache nach nichts anderes als Cellulose; welche Wirkung die Cellulose im Verdauungscanale ausübt, haben wir in diesem Abschnitte schon geschildert. Es geht aber daraus hervor, daß ein Nahrungsmittel um so besser, um so leichter verdaulich und um so werthvoller sein wird, je weniger Cellulose es enthält, vorausgesetzt natürlich, daß auch seine sonstige Beschaffenheit gut ist.

Oft hört man die Meinung aussprechen, daß das schwarze, derbe, aus ordinärem Roggenmehl bereitete Kornbrot besonders nahrhaft sei. Dies ist falsch.

Digitized by Google

Wohl zeichnet es sich durch einen angenehmen Geschmack und Geruch aus, doch enthält es eben sehr viel Cellulose und ist deshalb recht schwer verdaulich. In noch viel höherem Maße gilt dies von jenen Brotsorten, die aus ungemahlenem, nur geschrotetem Getreide bereitet werden, wie der echte „Pumpernickel" und das „Grahambrot". Solche Brote stehen durchaus nicht auf der Höhe der Situation und sind eigentlich nur als diätetische Präparate zu betrachten, deren Genuß der Arzt verordnet, um einer zu trägen Thätigkeit des Darmes zu begegnen.

Der vermeintliche Werth, den man selbst heute noch mitunter diesen Brotsorten, dem „Schrotbrote" zuschreibt, ist aber auf einen Irrthum zurückzuführen, in dem der große und verdienstvolle Agriculturchemiker Liebig befangen war. Zwischen der Samenschale und dem Mehlkörper der Getreidearten befindet sich nämlich eine Zellschicht, die sich bei der Untersuchung sehr stickstoffreich erwies. Zu Liebig's Zeit war aber das Studium der stickstoffhaltigen Substanzen noch nicht so weit vorgeschritten wie heute, und man war der Meinung, daß dieser, in der sogenannten „Kleberzellschicht" enthaltene stickstoffhaltige Körper einen sehr hohen Nährwerth besitzen müsse. Mit der Samenschale ist aber diese Kleberzellschicht innig verwachsen, sie wird daher durch den Mahlproceß mit der Kleie zum größten Theile abgestoßen und gelangt nicht in das Mehl. Liebig rieth daher, um diesen werthvollen Stoff nicht für die Ernährung verloren zu geben, Brot aus unentschältem, nur zerbrochenem Korne zu bereiten.

Heute wissen wir aber, daß die „Kleberzellschicht" durchaus keinen Kleber, wie man die stickstoffhaltige, zu den Eiweißkörpern zählende Substanz des Weizenmehles nennt, enthält. Vielmehr ist hier der Stickstoff in Form einer anderen Verbindung, die in mancher Beziehung der ebenfalls sehr stickstoffreichen Hornsubstanz ähnelt, vorhanden, und ebenso wie diese besitzt sie für die Ernährung keinen oder doch nur einen sehr fraglichen Werth. Brot aus ganzem Korne ist allerdings stickstoffreicher als solches, das aus feinem Mehle hergestellt wurde, doch hat für die Ernährung nur jener Stickstoff einen Werth, der in Form von Eiweiß (Protein) oder eiweißartigen Verbindungen vorhanden ist. In dieser Form ist der Stickstoff in den Getreidearten aber in innigem Gemenge mit der Stärke im „Mehlkörper" vorhanden, und je feiner ein Mehl ist, desto weniger Kleie es enthält, desto höher wird auch sein Nährwerth sein, wenn es auch weniger Stickstoff enthält. Dafür ist aber die stickstoffhaltige Substanz solchen Mehles fast vollständig verdaulich, die Verdaulichkeit wird nicht durch Cellulose vermindert, und das beste Brot in diesem Sinne ist daher eigentlich die aus dem feinsten Mehle bereitete „Wiener Kaisersemmel", die sich schon ihres trefflichen Geschmackes wegen einen Weltruf geschaffen hat.

Durch die Manipulationen, denen das Mehl und der aus diesem bereitete Teig bei der Brotbereitung unterliegt, gehen verschiedene Veränderungen von Statten. Aus dem zähen Teige wird durch Einleitung eines Gährungsvorganges ein weiches, schwammiges und leicht zu zerkleinerndes Product, durch den Backproceß wird die Stärke verkleistert und außerdem noch zum Theile in lösliche

Digitized by Google

Stoffe, in Dextrin übergeführt. Dadurch erst wird das Mehl in ein Nahrungsmittel umgewandelt, das außer seiner Zweckmäßigkeit auch den Vortheil der Schmackhaftigkeit besitzt. Wäre dies nicht der Fall, so wäre das Brot eben nicht das tägliche Brot geworden.

Um den Teig zu lockern, wird ihm entweder Preßhefe zugesetzt, oder man verwendet einen in Gährung befindlichen Teig, den „Sauerteig", der vom letzten Backprocesse zurückbehalten wurde. Für die Hefe ist der Teig ein ausgezeichneter Nährboden, sie findet hier stickstofffreie und stickstoffhaltige Substanzen und Mineralstoffe, deren sie, wie wir wissen, ebenfalls zum Aufbaue ihres Körpers bedarf. Läßt man aber gährenden Teig längere Zeit liegen, so gehen noch weitere Veränderungen vor sich. In der Luft sind nämlich immer zahlreiche Fermentorganismen enthalten, sie gelangen ebenfalls in den Teig und werden sich dort kräftig entwickeln. Besonders gilt dies von dem Milch-, Butter- und Essigsäurefermente, und wir finden daher, daß ein schon längere Zeit in Gährung befindlicher Teig oft bedeutende Mengen freier Säuren, und zwar Milchsäure, Buttersäure und Essigsäure enthält. Daher stammt auch der Name „Sauerteig", doch wendet man diese Bezeichnung auch für ganz frischen, mit Hefe versetzten Teig an, in dem noch keine freie Säure enthalten ist. Um aber die mit der Zeit eintretende Entwickelung dieser anderen Lebewesen zu unterdrücken, und um hauptsächlich die Vermehrung der Hefe im Sauerteige zu begünstigen, wird von Zeit zu Zeit das „Auffrischen" vorgenommen. Wie wir wissen, ist nämlich die Hefe im Stande, wenn sie sich sehr kräftig zu entwickeln vermag, andere Fermente zu unterdrücken. Man führt ihr daher in angemessenen Intervallen neue Nährstoffe zu, indem man dem Sauerteige Mehl zuknetet, gleichzeitig bringt man sie dadurch auch mit dem Sauerstoffe der Luft in Berührung, wodurch ihre Entwickelung ebenfalls günstig beeinflußt wird.

Auch auf diesem Gebiete hat man schon begonnen, mit Reinculturen zu arbeiten, da die Bakterien auf die Beschaffenheit des Brotes ganz ohne Einfluß sind, und man durch den Gährungsvorgang nichts anderes bezweckt als die Erzeugung einer genügenden Menge Kohlensäure, um den Teig zu lockern. Man kennt heute eine sehr große Anzahl von Heferassen, für die Zwecke der Brotlockerung ist naturgemäß eine solche vorzuziehen, die sich bei höheren Temperaturen, etwa bei 30 bis 35° gut zu entwickeln und bedeutende Mengen Kohlensäure zu produciren vermag. Solche Heferassen hat man gezüchtet und mit ihnen sehr gute Erfolge erzielt. Bei uns bedient man sich allerdings noch nicht solcher Reinculturen, wohl aber in Schweden, wo unter der Bezeichnung „Roggenbrot mit Reinculturhefe" ein fast vollständig säurefreies Brot verkauft wird, das sich dieser Eigenschaft wegen besonders für Personen mit geschwächter Verdauung trefflich eignet.

Im Brotteige äußert die Hefe ihre Wirkung in der gleichen Weise wie in einer gährungsfähigen Flüssigkeit: sie spaltet den Zucker, der im Mehle stets, wenn auch nur in geringer Menge, vorhanden ist, in Alkohol und Kohlensäure.

Digitized by Google

Damit ist aber selbstverständlich ein Substanzverlust verbunden, der 1 bis 2% beträgt, denn sowohl die Kohlensäure, wie auch der Alkohol verflüchtigt sich während des Backprocesses. Zwar hat man versucht, wenigstens den Alkohol aufzufangen und zu gewinnen, doch trotz großer Summen, die man besonders in England diesen Bestrebungen widmete, waren sie nicht von Erfolg begleitet. Nun ist dieser Verlust an Brotsubstanz, den die Hefe bedingt, im einzelnen Falle allerdings recht gering. Bedenkt man aber, daß sich diese Verluste Tag für Tag an tausenden Orten abspielen, so wird man leicht einsehen, daß sie sich dann doch beträchtlich summiren.

Liebig hat zuerst darauf hingewiesen und die Größe dieses Verlustes auch berechnet. Er nahm an, daß der durch die Gährung eintretende unvermeidliche Verlust nur 1% betrage, und daß 40 Millionen Einwohner des Deutschen Reiches täglich 20 Millionen Pfund Brot consumiren. Dann ist dieser Verlust schon so groß, daß aus der verloren gehenden Substanz täglich 200.000 Pfund Brot bereitet werden könnten. Mit anderen Worten: es wäre möglich, wenn es gelingt, diesen Verlust zu vermeiden, aus der gleichen Menge Mehl nicht nur für 40 Millionen, sondern noch für weitere 400.000 Menschen Brot zu erzeugen.

Dieser Verlust läßt sich thatsächlich vermeiden. Wir brauchen nur, nach dem Vorschlage Liebig's, die zur Lockerung des Teiges nöthige Kohlensäure nicht durch Gährung, sondern auf chemischem Wege zu erzeugen. Theilt man beispielsweise die zur Bereitung einer gewissen Anzahl Brote erforderliche Mehlmenge in zwei Theile, mischt man den einen mit doppeltkohlensaurem Natrium, den anderen mit Salzsäure, so werden, sobald beide Mehlmengen mit Wasser angefeuchtet und durch Kneten vereinigt werden, Salzsäure und doppeltkohlensaures Natrium aufeinander einwirken, wobei einerseits Kohlensäure, andererseits Chlornatrium entsteht. Natürlich sind die Mengen beider Substanzen so zu wählen, daß sie sich eben zerlegen, und weder Bicarbonat noch Salzsäure im Ueberschusse bleibt. Man erhält dann ein sehr gut gelockertes Brot, das keine freien Säuren enthält, und auch keine lebende Hefe, die mitunter den Backproceß überdauert.

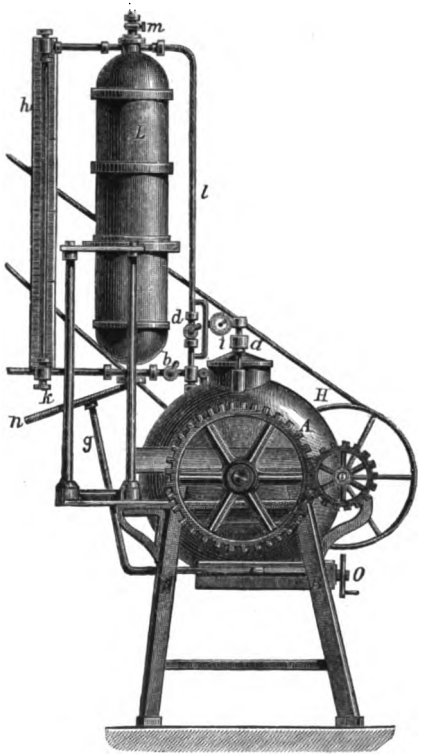
Im Großen mit Salzsäure zu arbeiten, ist, besonders wenn es sich um die Bereitung eines Nahrungsmittels handelt, eine mißliche Sache. Man hat aber auch andere Backpulver in Vorschlag gebracht, die die gleichen Dienste leisten. So zerfällt das kohlensaure Ammoniak bei höherer Temperatur glatt in Kohlensäure und Ammoniak und ist ohne Rückstand flüchtig. Beide Gase wirken aber lockernd auf den Teig und leisten den gleichen Dienst wie die durch Gährung erzeugte oder aus Bicarbonat entwickelte Kohlensäure. Besonders im Zuckerbäckergewerbe benützt man sehr häufig kohlensaures Ammoniak zur Lockerung der Teigmassen, und viele der im Handel vorkommenden Backpulver enthalten als wesentlichsten Bestandtheil kohlensaures Ammoniak, das mit Stärke oder Zucker verrieben ist.

An Stelle der Salzsäure hat man auch die Verwendung der Weinsäure vorgeschlagen, die rationellste Zusammensetzung besitzt aber entschieden das Horsford'sche Backpulver. Es besteht aus zwei Substanzen, die eine ist Natrium-

Digitized by Google

bicarbonat, die andere saurer phosphorsaurer Kalk. Beide wirken aufeinander unter Kohlensäureentwickelung ein, und es hinterbleibt im Teige phosphorsaurer Kalk und phosphorsaures Natrium, die den Geschmack des Brotes nicht ungünstig beeinflussen und unter Umständen auch einen dietätischen Werth besitzen können, da, wie wir wissen, der Organismus der Phosphorsäure bedarf.

Besonders in Amerika wird dieses Backpulver in großen Mengen verwendet, und zwar vor allem aus dem Grunde, daß man dort das Brot gewöhnlich im Hause selbst zu bereiten pflegt. In Europa hat dieses Backpulver, trotz der Bemühungen Liebig's sich keinen Eingang verschafft, wohl deshalb, da uns die Backhäuser fast zu jeder Tageszeit mit frisch bereitetem Brote versehen.



Apparat zur Brotbereitung nach Dauglish.

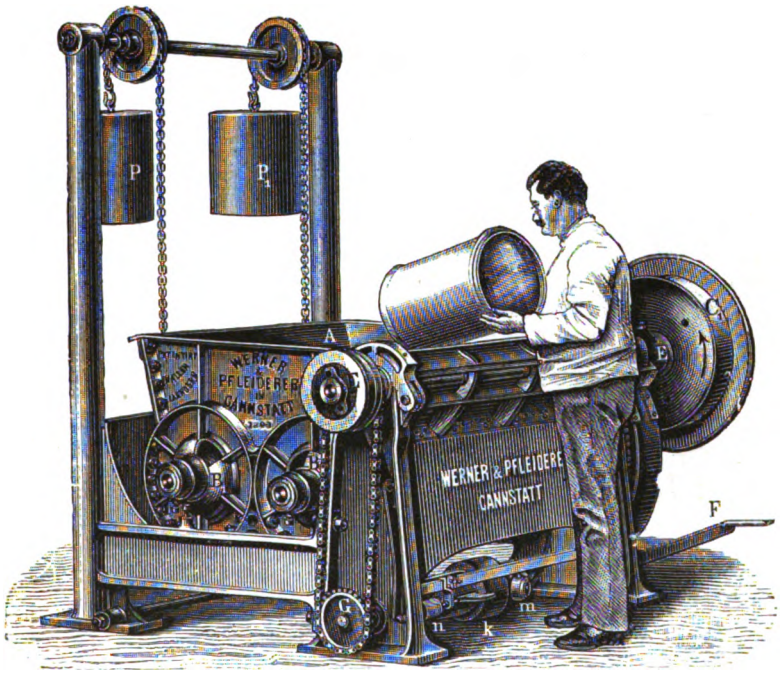
Die Verwendung der Hefe zur Lockerung des Teiges ist aber auch noch mit dem Uebelstande verbunden, daß der Teig eine Zeit lang ruhig an einem warmen Orte verweilen muß, ehe er ausgebacken werden kann, denn die Gährung tritt erst nach und nach ein, so daß sich auch die zur Lockerung nöthige Kohlensäure nur langsam entwickelt. Mitunter, so besonders bei der Versorgung großer, im Felde stehender Heereskörper kommt es aber darauf an, das Brot so rasch als möglich zu bereiten, die einzige Möglichkeit, diesen Proceß abzukürzen, liegt aber in der Umgehung der Gährung.

Man hat deshalb auch, und zwar, wie wir gleich bemerken wollen, mit vollem Erfolge versucht, die zur Lockerung des Teiges nöthige Kohlensäure ganz außerhalb des Teiges zu erzeugen und sie ihm in Form einer Lösung im Wasser beizumengen. Dies ist aber nur möglich, wenn das Wasser unter Druck mit Kohlensäure gesättigt und unter dem gleichen Drucke mit dem Mehle vermengt wird. Hebt man dann den Druck auf, so scheidet sich die Kohlensäure in Form von Gasblasen, die die gesammte Masse des Teiges durchsetzen, ab und bewirkt die Lockerung.

Das auf diesem Principe beruhende Verfahren wurde im Jahre 1856 von dem englischen Arzte Dauglish angegeben, es bietet große Vortheile und gelangt in mehreren großen Brotfabriken Londons und in anderen Städten des Inselreiches zur Anwendung.

Digitized by Google

Zur Ausführung dieses Verfahrens muß aber ein besonderer Apparat zur Verfügung stehen, wie ihn unsere Abbildung zeigt. In dem Behälter L wird das Wasser mit Kohlensäure, die durch k zugepreßt wird, gesättigt. Das Mehl wird in den mit einer Rührvorrichtung versehenen Kessel A eingetragen, dann läßt man das kohlensäurehältige Wasser zufließen und setzt das Rührwerk in Gang. Ist die Mischung beendet, so wird der Druck im Inneren des Apparates, der bis zu 14 Atmosphären beträgt, auf rund 7 Atmosphären vermindert. Oeffnet man dann die bei O befindliche Austrittsöffnung, so preßt der im Apparate herrschende




Knetmaschine von Werner & Pfleiderer.
F Kipphebel, C Reverfirvorrichtung, B Bewegungsmechanismus.

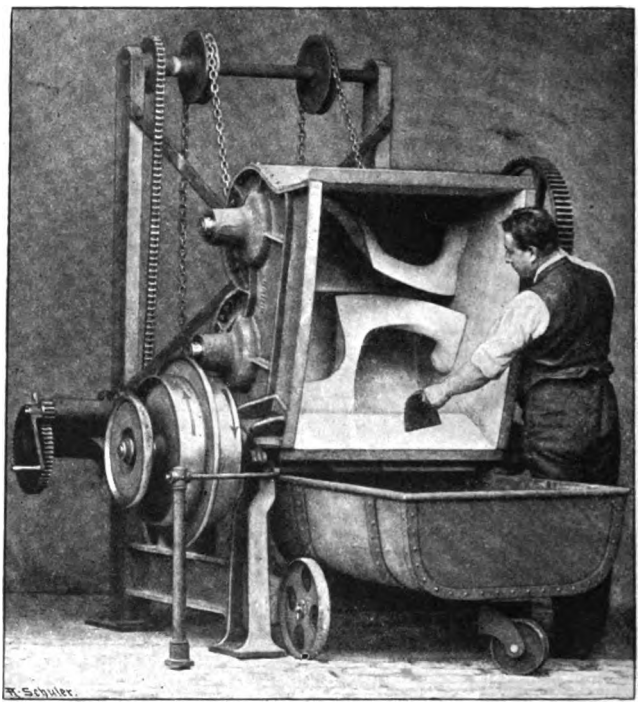
Druck den Teig in Form eines Stranges mit rechteckigem Querschnitte heraus. Sobald der Teig aber nur mehr unter dem gewöhnlichen Luftdrucke steht, tritt gasförmige Kohlensäure auf, die den Teig lockert. Man braucht den Teigstrang nur in Stücke zu zerschneiden und kann diese unmittelbar in den Ofen bringen. Das Verfahren besitzt noch den unleugbaren Vortheil, daß hier eine Berührung des Teiges mit der Hand vollständig ausgeschlossen ist und das nicht immer gerade appetitliche Kneten desselben entfällt.

Ueberhaupt ist das Kneten mit der Hand heute eine, wenigstens in größeren Bäckereien, vollständig überflüssige und sehr anstrengende Arbeit, die durch die Maschine weit schneller, besser und reinlicher besorgt wird. Diese „Knetmaschinen“,



Digitized by Google

die in besonders vorzüglicher Construction von der rühmlichst bekannten Firma Werner & Pfleiderer in Cannstatt geliefert werden, und auch in anderen Industrien, so in der Düngerfabrikation, in der Fabrikation des rauchschwachen Schießpulvers, überhaupt dort, wo zähe und große Massen zu mischen und zu mengen sind, verwendet werden, bestehen aus einem innen verzinnten Troge, in dem sich zwei eigenthümlich geformte Knetflügel gegeneinander bewegen. Mit Hilfe der an einer Seite des Knettroges angebrachten „Reversirvorrichtung" kann die Bewegungsrichtung der Knetflügel durch einen einzigen Handgriff umgekehrt



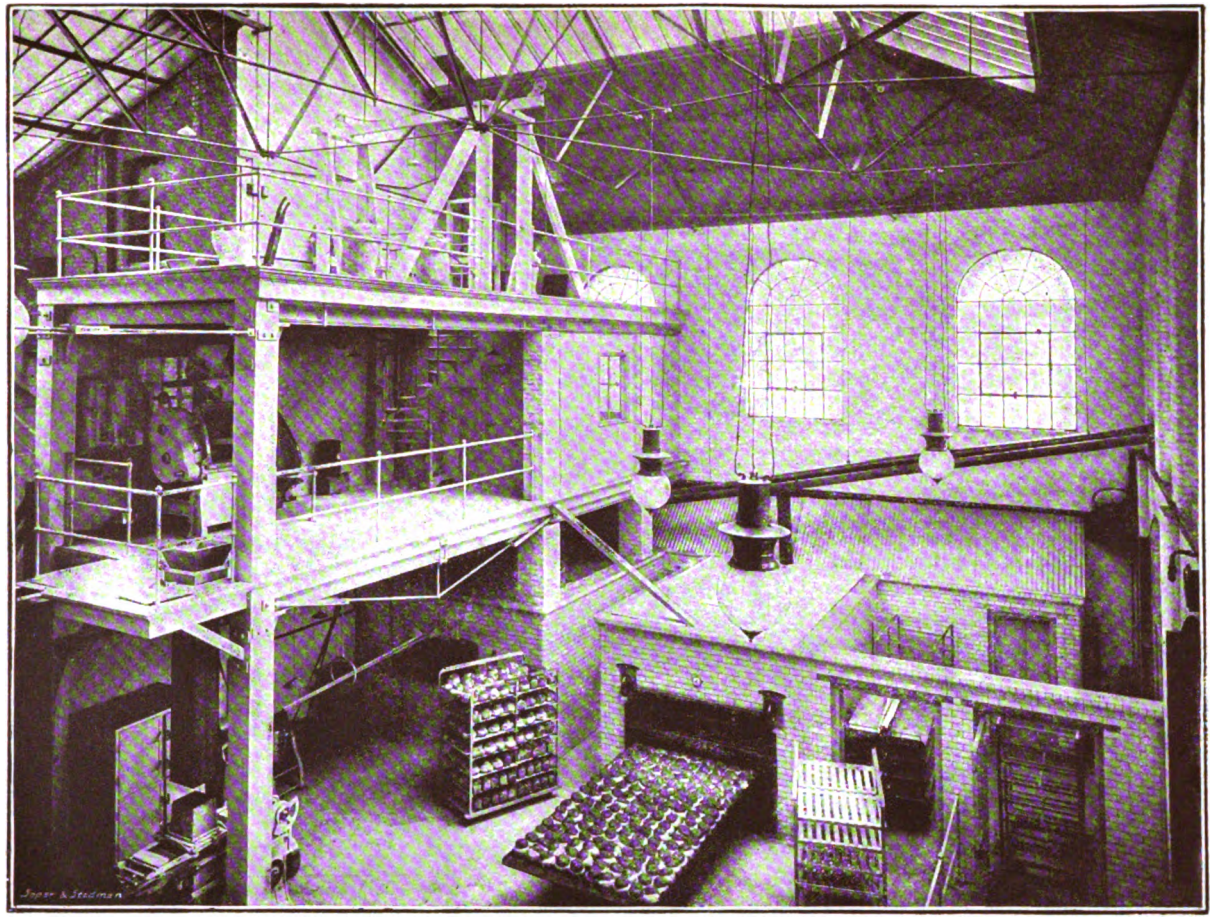
Knetmaschine von Werner & Pfleiderer, Cannstatt. Zur Entleerung gekippt.

werden, so daß der Teig unbedingt gut durchgeknetet werden muß. Ist endlich das Kneten beendet, so genügt ein weiterer Handgriff, um den Trog zu kippen, in dieser Stellung kann er leicht und vollständig entleert werden.

Sobald der Teig genügend gegohren hat, kann mit dem Ausbacken begonnen werden. Vorher theilt man ihn aber in gleich große und gleich schwere Stücke, die „ausgewirkt" werden, um ihnen die gewünschte Form zu geben. Auch das Theilen des Teiges wird heute mit Maschinen vorgenommen, sie zerschneiden das ihnen übergebene Teigstück in eine Anzahl gleich schwerer Stücke und können mit wenigen Handgriffen bedient werden.

Die Construction der Backöfen ist in den letzten Jahren auch vielfach verbessert worden. Ein großer Fortschritt war es schon zu nennen, als man die

Digitized by Google



**Ansicht einer Musterbäckerei.**

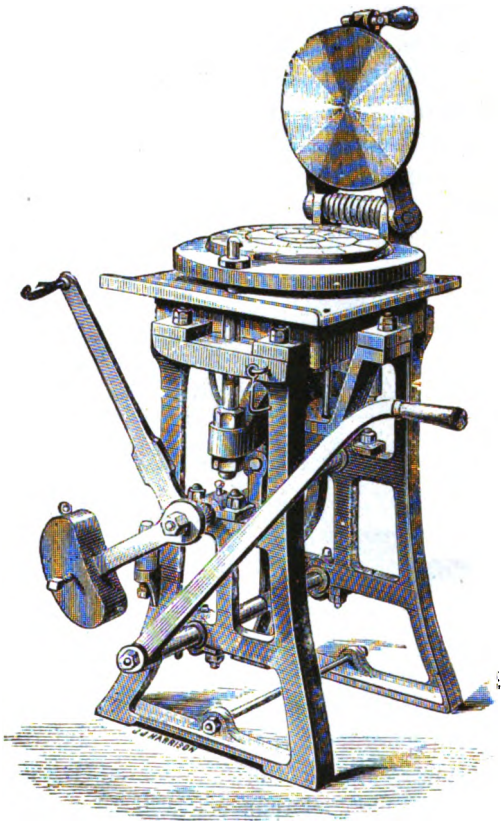
**Ausgeführt von der Cannstätter Misch-Knetmaschinen- und Dampfbackofenfabrik Werner & Pfleiderer in Cannstatt.**

Digitized by Google

Digitized by Google

Backöfen so einrichtete, daß sie mit Steinkohle geheizt werden konnten und das theure Holz entbehrlich wurde. Die älteren Ofensysteme mit „Innenfeuerung", die durch ein im Inneren brennendes Feuer zunächst auf die Backtemperatur erhitzt werden, worauf man das Feuer entfernt nnd zum Ausbacken schreitet, sind aber, abgesehen von dem bedeutenden Verbrauche an Brennmaterial, deshalb unzweckmäßig, da kein ununterbrochener Betrieb möglich ist.

Man machte sich deshalb auch hier die Errungenschaften der modernen Feuerungstechnik zunutze und construirte Oefen, die von außen geheizt werden können. Die Temperatur im Inneren des Ofens darf jedoch nicht zu hoch steigen, man benützt deshalb vielfach Backöfen, die mit Heißluft-, Heißwasser- oder mit Dampfheizung versehen sind.



Teigtheilmaschine von Werner & Pfleiderer, Cannstatt.

Besonders die Oefen mit Dampfheizung erfreuen sich ihrer zahlreichen Vorzüge wegen großer Beliebtheit. Die Feuerung befindet sich bei diesen Oefen gewöhnlich an der Rückseite des Herdes, in der Abbildung auf Seite 916 ist sie mit AF bezeichnet. Die Flamme umspült die Enden der den Backraum durchziehenden, allseits geschlossenen und theilweise mit Wasser gefüllten Stahlrohre R, und bringt zunächst das eingeschlossene Wasser zum Kochen. Der Dampf vermag jedoch nicht zu entweichen, da die Rohre beiderseits zugeschweißt sind, sondern er drückt auf das Wasser, dessen Temperatur daher weit über 100° steigt. Wasser und Dampf geben dann an den Backraum ihre Wärme ab, eines der Rohre steht mit einem Manometer in Verbindung, das den im Inneren der Rohre herrschenden Druck anzeigt. Es ist selbstverständlich, daß die Rohre vor ihrer Verwendung geprüft werden und einen weit stärkeren Druck aushalten müssen als beim Gebrauche, und damit ist die Garantie gegeben, daß Explosionen wohl niemals vorkommen können.

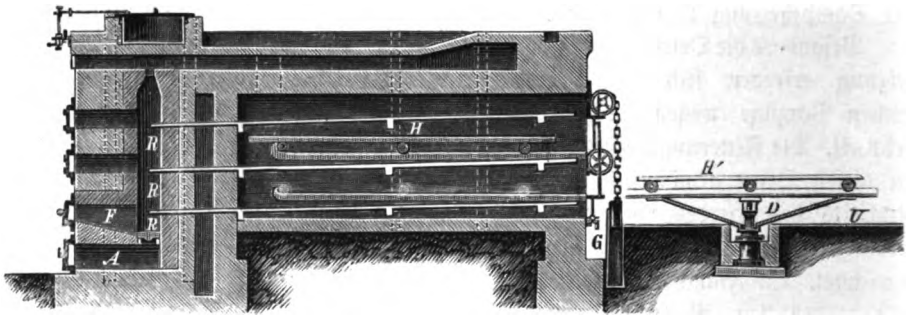
Zur besseren Ausnützung des Raumes ordnet man im Backraume des Ofens zwei Backherde H übereinander an. Das „Einschießen" der Teigstücke in den Ofen



Digitized by Google

mit Hilfe des „Schußbrettes“ ist eine ebenso umständliche wie zeitraubende Operation, aber auch sie hat man bei den modernen Ofenconstructionen zu umgehen gewußt. Man schiebt nämlich in den Ofen auf Schienen laufende Herdplatten H ein, die, außerhalb des Ofens belegt, eingefahren und nach Beendigung des Backprocesses wieder in der gleichen Weise ausgefahren werden.

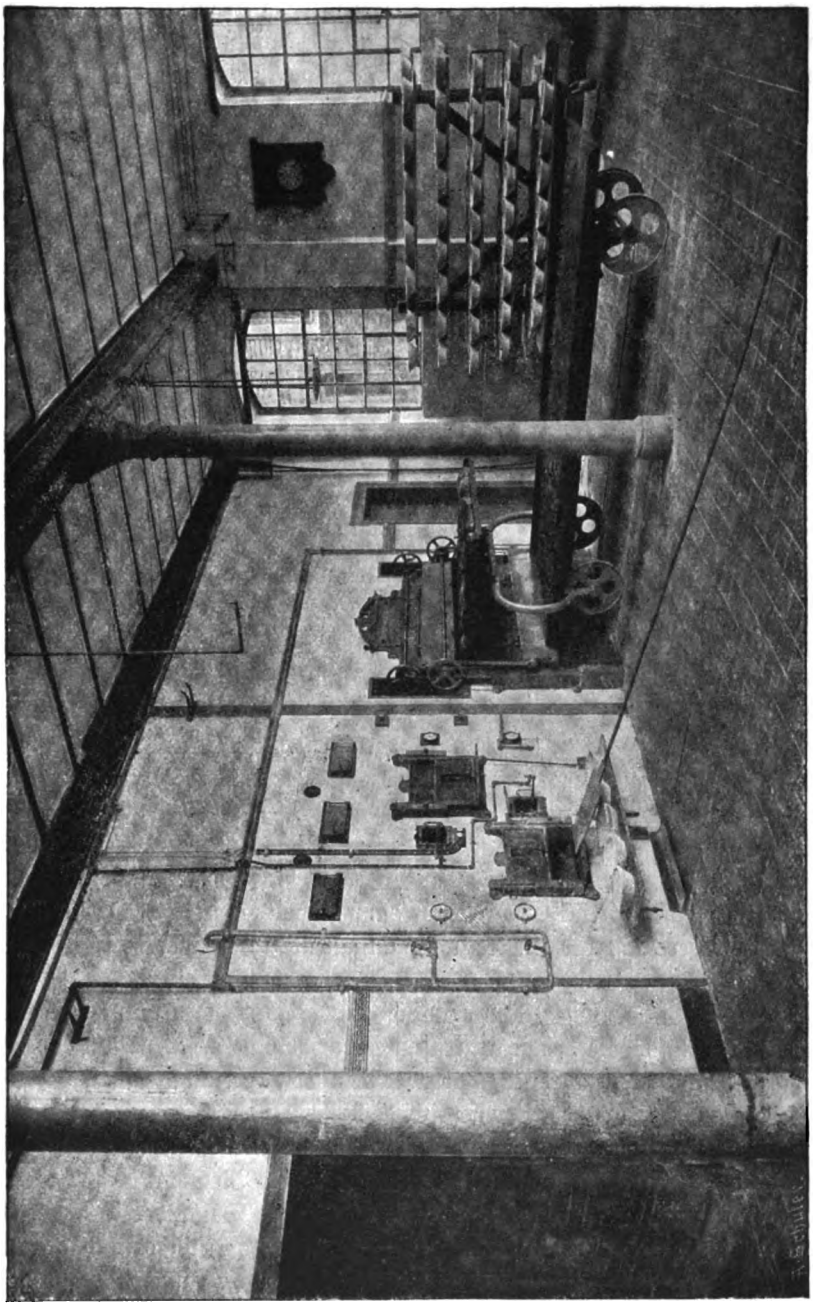
Durch das Ausbacken erleidet der Teig durchgreifende Veränderungen. Das Stärkemehl wird verkleistert und bindet dabei Wasser, so daß der feuchte Teig nach dem Backen trocken und fest ist. Ferner bildet sich um das Teigstück die Rinde, die reich an Dextrin ist und außerdem noch verschiedene, angenehm schmeckende Röstproducte enthält, die sich unter der Einwirkung der höheren Temperatur aus dem Stärkemehle bilden. Man begünstigt die Entstehung einer glatten, glänzenden und wohlschmeckenden Rinde durch das „Gastern“, indem man die halbausgebackenen Brote mit Wasser befeuchtet, oder mit Hilfe der „Wrasenapparate“ Wasserdampf in den Backraum eintreten läßt.




Backofen mit Dampfheizung.

Wir sehen also, daß auch das alte Gewerbe der Brotbereitung bis zu einem gewissen Grade wenigstens zu den auf chemischer Grundlage beruhenden Gewerben zu zählen ist. Freilich hat man schon zu einer Zeit Brot bereitet, in der man sich über chemische Vorgänge überhaupt noch keine Gedanken machte. Als man aber daran ging, die rein chemische Seite der Brotbereitung zu würdigen und zu studiren, war dies auch für dieses alte Gewerbe von wohlthätigem Einflusse. Heute weiß man das Brot in rationellerer Weise zu erzeugen wie dereinst, und dadurch ist es auch besser geworden, und mit besonderer Freude ist es ferner zu begrüßen, daß man heute nicht mehr jeden fensterlosen, dumpfen und engen Raum zur Errichtung einer Backstube gerade gut genug hält. Die modernen Brotfabriken, die heute allenthalben entstehen und floriren, da sie billiger arbeiten und ein besseres Erzeugnis liefern, besitzen große, helle und freundliche Räume, sie sind mit allen erforderlichen Maschinen ausgestattet und entsprechen auch in hygienischer Hinsicht allen Anforderungen, die man an einen Raum zu stellen berechtigt ist, in dem ein Nahrungsmittel von solcher Bedeutung bereitet wird wie das Brot. — —

Digitized by Google



Ofenanlage des Conſumvereines zu Eßlingen. Ausgeführt von Werner & Pfleiderer in Cannſtatt.

Digitized by Google

Die wenigsten Lebensmittel besitzen die Eigenschaft, sich längere Zeit, ohne zu verderben, aufbewahren zu lassen. Sie gehen in Fäulnis über, es treten Gährungsvorgänge auf und schließlich werden sie zumindest ungenießbar, wenn sich nicht vielleicht noch überdies gesundheitsschädliche Stoffe, wie das „Wurstgift" und das „Fleischgift", bilden. Will man daher Lebensmittel längere Zeit hindurch aufbewahren, so müssen sie in solcher Weise behandelt werden, daß solche Veränderungen nicht eintreten können: man conservirt sie.

Zum Zwecke der Conservirung können verschiedene Mittel angewendet werden, und wir besitzen zahlreiche Conservirungsverfahren, die aber alle darauf hinauslaufen, die Entwickelung der Bakterien, denn diese sind die Ursache des Verderbens der Nahrungsmittel, zu verhindern oder doch zu verzögern.

Ein solches Mittel ist die Kälte. Wie wir wissen, benöthigen die Mikroorganismen zu ihrer Entwickelung einer bestimmten Temperatur, unterhalb derselben gehen sie zwar nicht zugrunde, wohl aber gehen sie in einen Zustand der Ruhe über, in dem sie sich weder vermehren, noch sonstwie schädlich werden. Dieser Zustand tritt schon bei Temperaturen ein, die wenig über dem Gefrierpunkte liegen, es genügt daher, Fleisch auf Eis zu legen, um es längere Zeit hindurch frisch zu erhalten. Die Aufbewahrung größerer Eismengen ist aber mit zahlreichen Schwierigkeiten verknüpft. Ferner nimmt Fleisch, das auf Eis zum Zwecke der Conservirung gelegt wurde, nach dem Kochen oder Braten sehr häufig an den Rändern eine rothe Farbe an, die zwar durchaus kein Zeichen der Ungenießbarkeit ist, aber trotzdem nicht eben einladend wirkt. Endlich kann unreines, aus schlammigen und schmutzigen Teichen gewonnenes Eis selbst der Ueberträger von Krankheitskeimen werden. Man sollte deshalb zu Conservirungszwecken nur ganz reines, am besten künstliches Eis verwenden, oder aber das Fleisch bloß mit kalter Luft in Berührung bringen.

Alle modernen Schlachthausanlagen werden daher heute mit Kühlkammern versehen, in denen durch Eismaschinen auf etwa 1 bis 2° gekühlte Luft circulirt. Bei dieser Temperatur bleibt das Fleisch dann tage- ja selbst wochenlang vollkommen frisch, allerdings verdirbt es aber auffallend rasch, sobald es wieder die gewöhnliche Temperatur annimmt.

Aber auch durch Erhitzen kann man die Entwickelung von Fäulniserregern verhindern, da sie durch höhere Temperaturen unfehlbar getödtet werden. Allerdings muß man dann auch dafür Sorge tragen, daß nach dem Erkalten nicht neuerdings aus der Luft Mikroorganismen in das zu conservirende Nahrungsmittel gelangen und es verderben. Auf diesem Principe beruht das Appert'sche Conservirungsverfahren. Die Nahrungsmittel, wie Fleisch, Fische u. s. f. werden in eine Blechdose gebracht, die verlöthet wird, nur im Deckel läßt man eine kleine Oeffnung. Dann werden die Dosen in strömendem Dampfe anhaltend erhitzt, die Fermente werden getödtet und gleichzeitig entweicht die Luft, da sie sich ausdehnt und durch das im Inneren der Dose verdampfende Wasser verdrängt wird, durch die erwähnte kleine Oeffnung. Hat man die Dosen lange genug erhitzt, so wird, noch ehe sie abkühlen, auch diese Oeffnung

Digitized by Google

verlöthet, und nun sind im Inneren der Dose lebende Organismen nicht mehr vorhanden und das Hinzutreten neuer ist unmöglich gemacht. In dieser Weise conservirte Nahrungsmittel sind geradezu unbegrenzt haltbar, so lange sie nicht mit Luft in Berührung kommen. Wird die Dose geöffnet, so gehen sie, je nach ihrer Natur, rascher oder langsamer auch in Zersetzung über und fallen der zerstörenden Wirkung der Fäulniserreger anheim.

Zu ihrer Entwickelung bedürfen die Fäulniserreger aber immer des Wassers, manche Nahrungsmittel können daher auch durch vollständiges Austrocknen conservirt werden Ein solches Präparat ist beispielsweise der Pemikan, in Streifen geschnittenes Fleisch, das am offenen Feuer gedörrt wird.

Sollen sich die Fäulniserreger entwickeln, so müssen ihnen aber nicht nur Nährstoffe überhaupt zu Gebote stehen, sondern diese auch in genügender Verdünnung. In concentrirten Zuckerlösungen vermag sich die Hefe nicht zu vermehren, und auch andere Mikroorganismen können nicht fortkommen, wenn sie zu concentrirte Nährstoffe vorfinden. Man engt deshalb manche Präparate ein wie den Fleischextract, oder versetzt sie mit großen Mengen Zucker wie bei der Conservirung von Obst, wobei man überdies noch die schon vorhandenen Organismen durch Erhitzen tödtet.

Ein Präparat, bei dessen Herstellung beide Arten der Conservirung combinirt werden, ist die condensirte Milch: frische Milch wird in Vacuumapparaten eingedämpft, mit Zucker versetzt und überdies noch in Blechbüchsen luftdicht eingeschlossen, nachdem man die vorhandenen Keime durch Erhitzen getödtet hat.

Endlich müssen wir noch der Anwendung solcher Stoffe gedenken, die für die Mikroorganismen Gifte sind, die also eine Zersetzung dadurch verhindern, daß sie die Entwickelung solcher kleinster Lebewesen unmöglich machen. Einzelne derselben lernten wir schon kennen, wie die schwefelige Säure, die Carbolsäure und einen Abkömmling derselben, die so überaus werthvolle Salicylsäure, die im Gegensatze zum Phenol vollständig geruchlos ist. Außer diesen und ähnlichen Körpern kommen im Handel aber zahlreiche Mischungen conservirender Stoffe, häufig unter sehr schönen, aber um so weniger besagenden Namen vor, die alle als wesentlichen Bestandtheil irgend einen mit conservirenden Eigenschaften begabten Stoff, wie Borsäure, Salicylsäure, große Mengen Salz oder Salpeter, Glycerin u. s. w. enthalten.

Auch das Räuchern des Fleisches beruht auf der antiseptischen Wirkung der Carbolsäure, die im Holzrauche stets enthalten ist und sich an dem im Rauche hängenden Fleische verdichtet. Gewöhnlich hat das Räuchern aber nur den Zweck, das Fleisch wohlschmeckend zu machen, man pökelt es deshalb zunächst ein, indem man es mit einer concentrirten Salz- und Salpeterlösung behandelt, und hängt es dann einige Zeit in den Rauch, bis es den gewünschten Rauchgeschmack angenommen hat. Man kann das Räuchern aber ganz umgehen und dem Fleische sehr rasch den gewünschten Geschmack ertheilen, wenn man es in rohen Holzessig legt, allerdings hat solches nach dem Verfahren der „Schnellräucherung" prä-

Digitized by Google

parirtes Fleisch lange nicht den feinen Geschmack wie jenes, das durch langsames, aber anhaltendes Räuchern conservirt wurde.

Auch die verschiedenen Conservirungsmethoden sind also zum Theile wenigstens chemische Verfahren, zum mindesten fällt die Conservirung in das Gebiet des Gährungschemikers und Bakteriologen, dessen Aufgabe es ist, den Einfluß der verschiedenen Conservirungsmethoden und Conservirungsmittel auf die Entwickelung der Mikroorganismen zu studiren. Denn wir dürfen nicht übersehen, daß kein Conservirungmsittel, kein antiseptischer Stoff schon durch seine bloße Gegenwart wirkt, sondern es ist stets eine gewisse Menge nöthig, um zur Geltung zu kommen. Allerdings ist diese Menge bei den meisten, mit conservirenden Eigenschaften begabten Stoffen sehr gering, immerhin aber eine wäg- oder meßbare Menge, die man kennen muß, um nicht zu wenig oder zu viel des Guten zu thun, und durch eine übermäßige Gabe das zu conservirende Nahrungsmittel zu verderben.

Die Kenntnis dieser eben ausreichenden Menge ist aber noch aus einem anderen Grunde von Bedeutung. Manche Conservirungsmittel sind zwar in geringer Menge vollkommen unschädlich, nicht aber in größerer, und es muß daher, wenn solche Stoffe überhaupt angewendet werden, die Menge, in der sie ohne Gefährdung des Consumenten zulässig sind, genau bestimmt und bekannt sein.

Mit dieser Besprechung haben wir durchaus noch nicht alle Verfahren, die zur Bereitung und Conservirung der Nahrungsmittel dienen und zur Chemie in irgend einer Beziehung stehen, erschöpft. Das war auch nicht unser Ziel und unsere Aufgabe. Wir wollten nur zeigen, inwiefern die moderne Chemie auch ihren günstigen Einfluß auf ein Gebiet von solcher Wichtigkeit auszudehnen vermochte, wie es die Bereitung und Conservirung vieler Nahrungsmittel ist.

Digitized by Google

# Die Hilfsmittel des Chemikers.

Jedem Besucher des in mehr als einer Beziehung hochinteressanten germanischen Nationalmuseums zu Nürnberg werden gewiß die aus früheren Jahrhunderten stammenden Einrichtungen von Apotheken und Laboratorien gefesselt haben. „Urväter Hausrath" ist darin aufgestapelt, präparirtes Gethier schmückt Decke und Wände, und absonderlich geformte Flaschen und Kolben, Mörser, Zangen und Tiegel, der große Herd nicht zu vergessen, füllen den Raum. Die Chemiker von einst zogen sich aber auch gern in entlegene Räume zurück, sie wählten Kellerräume und Gelasse in Festungsmauern als Laboratorien,

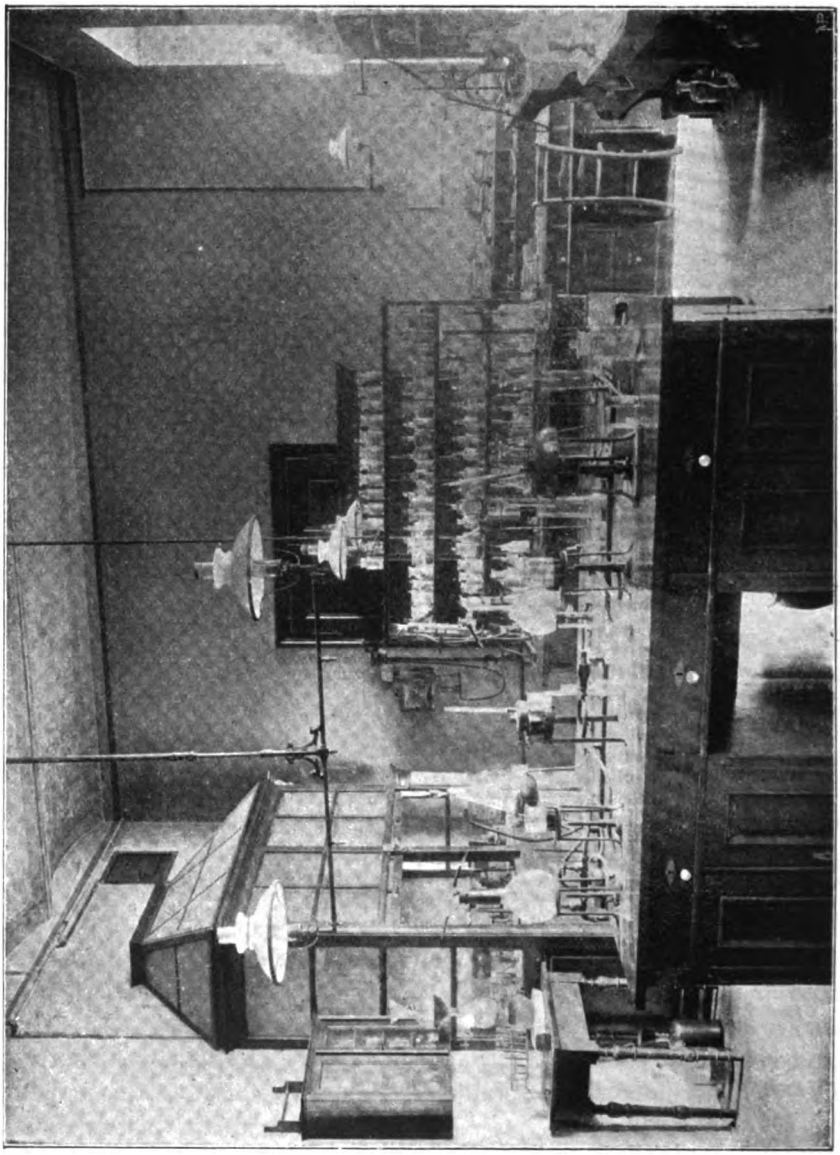
„Wo selbst das liebe Himmelslicht
Trüb durch gemalte Scheiben bricht".

Mystisch und geheimnisvoll, wie ihr Streben und Wirken war auch die Umgebung, in der sie sich wohl fühlten.

Als aber auch auf dem Gebiete der Chemie die neue Zeit sich Bahn brach, als man die alchemistischen Ueberlieferungen zur Seite stellte und das auf Beobachtungen und Thatsachen gegründete Gebäude der modernen Chemie errichtete, da brauchte die junge Lehre auch Licht und andere besser eingerichtete Arbeitsräume. Der Chemiker war nun nicht mehr der Adept, der sich vergebens abmühte, den krausen Schriften seiner Vorgänger die richtige Deutung zu geben, und sich ängstlich hütete, das Gefundene zu veröffentlichen, um nicht vielleicht eine wichtige und bedeutungsvolle Entdeckung, die zur Darstellung der „großen Tinctur" führen konnte, preiszugeben. Im Gegentheile! Im Austausche seiner Wahrnehmungen mit Fachgenossen suchte und fand er Anregung und Belehrung, jeder betrachtete sich nur als Mitarbeiter an der gemeinsamen Sache, und war nicht mehr ausschließlich für sich, sondern für die Wissenschaft selbst thätig.

Digitized by Google

Auch die Hilfsmittel, deren sich der moderne Chemiker bediente, wurden andere. Man vereinfachte und verbesserte sie, man construirte zweckmäßige Apparate und trachtete auch die Arbeitsräume des Chemikers, die Laboratorien ihrem Zwecke



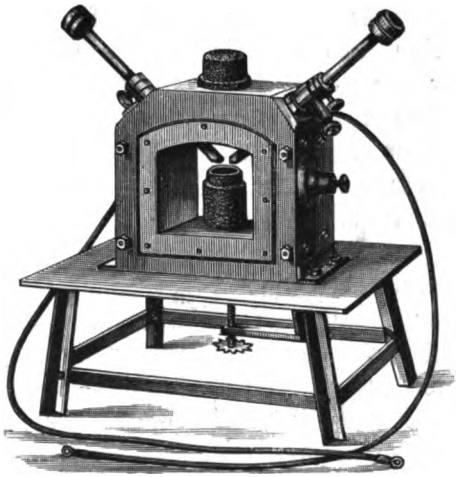
Arbeitsraum eines modernen chemischen Laboratoriums.

nach Möglichkeit anzupassen. Wenn wir heute ein modern eingerichtetes Laboratorium betreten, so finden wir nichts mehr von dem mystischen Beiwerk vergangener Tage, nichts mehr, das uns an die Zeit der Alchemie zu erinnern

Digitized by Google

vermag. Große, lichte und luftige Räume sind heute die Arbeitsstätten des Chemikers, genial erdachte und zierliche, in ihrer Ausführung gefällige Apparate benützt er zu seinen Arbeiten, überhaupt ist die Arbeitsweise eine ganz andere geworden, schon deshalb, weil die Zwecke und Ziele des chemischen Arbeitens sich geändert haben, und wir heute keine chemischen Laboratorien im eigentlichen Sinne des Wortes, sondern mehr oder minder stets nur Speciallaboratorien antreffen, die für ganz bestimmte Gebiete der Chemie zweckdienlich eingerichtet sind.

Freilich dürfen wir bei einem solchen Vergleiche zwischen Einst und Jetzt nicht aus dem Auge verlieren, daß auch die Entwickelung anderer Industrien einen großen Einfluß auf die Umgestaltung der modernen Laboratorien genommen hat. Welche Fortschritte hatte beispielsweise die Glasindustrie zu verzeichnen, welche Fortschritte hat man nicht nur in der Herstellung der verschiedensten Glasgeräthe, sondern auch in der Zusammensetzung des Glases selbst gemacht! Aus Glas sind die meisten Geräthe des Chemikers verfertigt, und bei seinen subtilen Untersuchungen spielt auch die Zusammensetzung des Glases eine große Rolle. Die meisten Glassorten sind nämlich in Wasser löslich. Allerdings beträgt die Menge Glas, die in Lösung geht, wenn wir in einem Glasgefäße Wasser kürzere oder längere Zeit kochen, nur wenige Tausendstel eines Grammes, doch ist dem Chemiker dies schon zu viel, und er hat daher die Zusammensetzung der Glasmassen in solcher Weise abzuändern gewußt, daß selbst bei längerer Benützung nichts oder nur minimale Mengen gelöst werden.



Elektrischer Versuchsschmelzofen.

Außer dem Glase benützt der Chemiker aber noch zahlreiche andere Stoffe, um daraus seine Geräthe zu bilden. So spielt das Porzellan eine wichtige Rolle, es dient zur Anfertigung von Tiegeln und Schalen, Platin und Silber werden zu dem gleichen Zwecke benützt, und endlich dürfen wir auch des Kautschuks und des Korkes nicht vergessen. Der Kautschuk liefert das Material zur Anfertigung der Schläuche, die zur Verbindung von Glasröhren, überhaupt zum Aufbaue der Apparate dienen, der Kork endlich ist durch seine Undurchdringlichkeit für Gase und Flüssigkeiten, die er mit dem Kautschuk theilt, überall dort ein trefflicher Vertreter desselben, wo Kautschuk vermöge seiner Löslichkeit nicht benützt werden kann.

Die Alchemisten waren einzig und allein auf Holz oder Holzkohle als Feuerungsmaterial angewiesen, und selbst noch die großen Chemiker der ersten

Digitized by Google

Hälfte dieses Jahrhundertes mußten sich dieser beiden Brennmaterialien zu vielen Zwecken bedienen. Ein bedeutender Fortschritt war es schon, als Berzelius eine zweckmäßige Spirituslampe construirte, die die Erzielung höherer Temperaturen ermöglichte. Heute sind alle diese Heizmaterialien durch das Leuchtgas verdrängt, dessen Anwendung seit der Erfindung des Brenners mit regulirbarer Luftzuführung allgemein wurde, und wohl auch sobald nicht durch einen anderen Stoff ersetzt werden dürfte. Mit Hilfe des Leuchtgas-Luftgebläses gelingt es, Temperaturen zu erzielen, die für alle gewöhnlichen Zwecke hoch genug sind. Doch vermag man mit Hilfe des elektrischen Stromes noch weit höhere Wärmegrade zu erreichen, und wir finden daher in manchen Laboratorien schon zierliche, mit Elektricität geheizte Oefen, in denen die zu schmelzende Substanz im elektrischen Lichtbogen erhitzt wird.

Wir erwähnten, daß wir heute eigentlich nur mehr Speciallaboratorien antreffen, und selbst in den großen chemischen Laboratorien der Universitäten, die für alle Zwecke eingerichtet sein müssen, ist heute jedem Zweige der Chemie ein besonderer Raum zugewiesen. Der eine dient zur Ausführung organischer Arbeiten, ein anderer qualitativen Untersuchungen. Ein dritter ist für photochemische Zwecke, ein vierter für spectralanalytische oder elektrotechnische Untersuchungen eingerichtet u. s. f.

Nun müssen wir aber eine Frage erörtern, die jedem Chemiker nicht nur einmal, sondern wohl schon oft vorgelegt wurde, die Frage: „Was machen Sie denn eigentlich in Ihrem Laboratorium?" Diese Frage ist leicht und schwer zugleich zu beantworten. Leicht, wenn wir uns beschränken, darauf zu erwidern: „Wir sind in unserem Specialgebiete thätig", schwer, wenn wir versuchen, einem größeren Kreise dies zu verdeutlichen. Um aber von der Thätigkeit des Chemikers einen allgemeinen Begriff zu geben, müssen wir doch auf die Beantwortung dieser Frage näher eingehen und dies wird am besten geschehen, wenn wir einige der modernen Hilfsmittel des Chemikers betrachten. Wir werden dabei Gelegenheit finden, an der Hand von Abbildungen, die wir dem liebenswürdigen Entgegenkommen der bekannten Firma für Laboratoriumseinrichtungen W. J. Rohrbeck's Nachfolger in Wien verdanken, verschiedene Methoden und Apparate zu besprechen.

Im Allgemeinen können wir Laboratorien unterscheiden, in denen synthetisch und solche, in denen analytisch gearbeitet wird. Der Unterschied zwischen beiden Arbeitsrichtungen ist uns schon bekannt, wir müssen aber festhalten, daß auch der Synthetiker der chemischen Analyse bedarf, denn sie ist es in letzter Linie, die ihm sagt, ob seine Schlüsse richtig waren, ob seine Voraussetzungen eingetroffen sind, und die ihm auch die Mittel und Wege giebt, um die Constitution der von ihm dargestellten Körper, die Anordnung der Atome und Atomgruppen im Molecüle zu ermitteln.

Die analytische Chemie ist ihrerseits aber wieder theils ein Zweig der rein wissenschaftlichen Chemie, soferne es sich um ihre Ausgestaltung und Vervollkommnung handelt, theils ist sie die Magd fast aller Industrien, da sie die Zu-

Digitized by Google

sammensetzung der Körper ermittelt und dadurch die Mittel zu ihrer Bewerthung liefert. Die Speciallaboratorien, die solchen Zwecken dienen, werden aber, wie leicht begreiflich, je nach den Körpergruppen, mit denen sie in erster Linie zu thun haben, eine sehr verschiedene Einrichtung besitzen. So wird ein Laboratorium eines Hüttenwerkes ganz anders aussehen, wir werden dort ganz andere Apparate vorfinden, wie in einem agriculturchemischen Laboratorium oder einem solchen, das vorwiegend sich mit Untersuchungen auf dem Gebiete der Gährungsgewerbe beschäftigt. In jedem Falle handelt es sich um die Bestimmung anderer Substanzen und Körpergruppen. Der im Laboratorium eines Hüttenwerkes thätige Chemiker wird einen großen Theil seiner Zeit mit der Bestimmung der Zusammensetzung der zu verarbeitenden Erze zubringen, da auf Grundlage seiner Untersuchungen die Zuschläge im Hochofen, überhaupt die Art der Verarbeitung, der Verhüttung, bestimmt wird. Der Agriculturchemiker dagegen ermittelt den Gehalt der Düngemittel an Phosphorsäure, Kali und Stickstoff, er bestimmt die Menge des Fettes und der Proteïnkörper, die in einem Futtermittel enthalten sind, oder er zergliedert eine Bodenprobe, um ihren Gehalt an Phosphorsäure, Kalk, Kieselsäure u. s. w. kennen zu lernen. Ein Gährungschemiker wird vorzugsweise Stärke und Zucker in den verschiedenen Rohmaterialien zu bestimmen haben, er ermittelt die Extractausbeute aus Malz und bestimmt den Grad der Verzuckerung, er bestimmt den Alkoholgehalt der vergohrenen Maische und endlich wird er sich auch mit der Beurtheilung und Reinzüchtung der Hefe befassen müssen. Solcher Beispiele könnten wir noch viele anführen. Das Gesagte mag aber genügen, um zu zeigen, welch zahlreiche Aufgaben heute an den analytisch thätigen Chemiker herantreten, und wie vielseitig dieses Gebiet selbst ist.

Häufig wird dem Chemiker aber nicht eine bekannte Substanz zur Untersuchung vorgelegt, sondern ein Körper, von dem er nicht weiß, welche Stoffe sich an seinem Aufbaue betheiligen, er soll nun angeben, welche Zusammensetzung er besitzt. Da muß nun, ehe die Mengenverhältnisse der einzelnen Bestandtheile ermittelt werden können, zunächst ihre Natur selbst festgestellt werden, man unterwirft den Körper zu diesem Zwecke zunächst der qualitativen Analyse.

Jedes Element ist mit gewissen Eigenschaften begabt, durch die es sich von den anderen Elementen unterscheidet. Diese Eigenschaften, wie das Eingehen gewisser Verbindungen, die Löslichkeit derselben in verschiedenen Lösungsmitteln, Fällungen oder Farbenreactionen, die diese Verbindungen mit anderen Körpern geben u. s. w., wurden durch zahllose Untersuchungen genau ermittelt, und man konnte endlich jene charakteristischen Eigenschaften heraussuchen, die zur Unterscheidung der Elemente untereinander herangezogen werden können. So geben beispielsweise sowohl Blei- wie Silbersalze mit Salzsäure einen weißen Niederschlag, der aus Chlorblei, beziehungsweise Chlorsilber besteht. Erhält man nun aus einer Lösung nach Zusatz von Salzsäure eine Fällung, so kann sowohl Blei als auch Silber anwesend sein, und um mit Sicherheit die Anwesenheit des einen oder des anderen Körpers zu ermitteln, muß man diesen Niederschlag noch weiter unter-

Digitized by Google

suchen. Nun wissen wir, daß Chlorblei in heißem Wasser löslich ist, Chlorsilber dagegen nicht. Dagegen ist Chlorsilber in Ammoniak löslich, aus der ammoniakalischen Lösung wird es durch Salzsäure wieder abgeschieden. Diese Unterschiede können schon zur scharfen Auseinanderhaltung beider Körper benützt werden. Manche Metalle geben mit Schwefelwasserstoff charakteristisch gefärbte Niederschläge, die ihrerseits wieder ein verschiedenes Verhalten gegenüber gewissen Lösungsmitteln zeigen. Erhalten wir also durch Einleiten von Schwefelwasserstoffgas in eine angesäuerte Lösung einen Niederschlag, so wissen wir, daß eines oder mehrere jener Metalle anwesend sind, die in Säuren unlösliche Sulfide besitzen. Dadurch sind schon gewisse Metalle, wie Eisen, Nickel, Kobalt u. s. w. ausgeschlossen. Ist der Niederschlag gelb, so kann sowohl Cadmium wie Arsen zugegen sein, ist er schwarz, so läßt dies auf die Anwesenheit von Blei, Quecksilber oder Kupfer schließen. Wir sammeln nun den Niederschlag, und unterwerfen ihn noch weiteren Untersuchungen, die uns endlich mit Bestimmtheit sagen, welches oder welche der Metalle, die nach ihrem Verhalten gegenüber Schwefelwasserstoff anwesend sein können, auch thatsächlich anwesend sind. Wenn wir uns eines groben Vergleiches bedienen wollen, so können wir diesen Vorgang mit einem Systeme von Sieben mit abnehmender Maschenweite, den zu untersuchenden Körper mit einem der Korngröße nach zu sortirenden Sandhaufen vergleichen. Zunächst trennen wir die groben Antheile von den feineren, und lassen sie nach und nach alle Siebe passiren, bis wir endlich auf jedem Siebe nur Sandkörner gleicher Größe vor uns haben.

Die qualitative Analyse giebt uns aber nur an, welche Körper überhaupt anwesend sind, über ihre Mengenverhältnisse läßt sie uns vollständig im Unklaren. Um auch diese zu erforschen, müssen wir andere Wege einschlagen, wir müssen den Körper, dessen qualitative Zusammensetzung wir nun kennen, der quantitativen Analyse unterwerfen. Hier wie dort handelt es sich darum, alle vorhandenen Körper voneinander zu sondern und zu trennen, denn wir vermögen einen Körper nur dann mit Sicherheit zu erkennen und vermögen nur dann seine Menge zu bestimmen, wenn er uns im reinen Zustande vorliegt. Der Begriff der Reinheit im Sinne des Chemikers ist aber sehr enge umschrieben, ja der Ausdruck „chemisch rein" sagt sogar, daß keine irgendwie nachweisbare Menge eines anderen Körpers zugegen sein darf. Diesen Zustand zu erreichen, die Anwesenheit jedes anderen Körpers auszuschließen, verursacht häufig nicht geringe Mühe, sie muß aber aufgewendet werden, denn sonst ist jede analytische Arbeit ungenau und dadurch werthlos.

Bei der quantitativen Analyse muß aber noch um einen Schritt weiter gegangen werden. Es genügt nicht nur die Körper im chemisch reinen Zustande abzusondern, sondern die Abscheidung muß auch in Form unlöslicher Verbindungen von constanter Zusammensetzung geschehen. Denn es ist einleuchtend, daß wir niemals die Menge eines Körpers packen können, wenn er in Wasser löslich ist, und wir gezwungen sind, ihn, um ihn von anderen in Wasser löslichen Körpern zu

Digitized by Google

REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

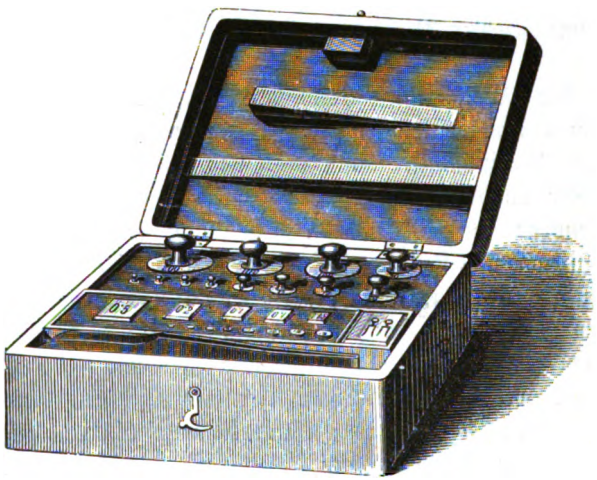


trennen, mit Wasser auszuwaschen. Andererseits kommen wir nur in seltenen Fällen in die Lage, einen Körper in der Verbindung zu wägen, in der er in die Analysenzusammenstellung eingesetzt wird. So wägen wir, wenn es sich beispielsweise um die Analyse eines Eisenerzes handelt, nicht Eisen, sondern Eisenoxyd, wir wägen niemals bei der Analyse eines Kalisalzes Kali oder Kalium, sondern eine Verbindung von Chlorkalium mit Platinchlorid, das Kaliumplatinchlorid. Aus dem Eisenoxyd können wir aber die darin vorhandene Menge Eisen, aus dem Kaliumplatinchlorid die Menge des Kalis berechnen, aber nur deshalb, weil beide Körper, unter bestimmten Bedingungen erhalten, stets die gleiche Zusammensetzung besitzen. Würde das Eisenoxyd im einen Falle mehr, im anderen weniger Eisen enthalten, so wäre eine solche Berechnung natürlich hinfällig. Deshalb müssen wir zum Zwecke der quantitativen Bestimmung die zu bestimmenden Elemente in Form constant zusammengesetzter Verbindungen, die frei sind von jeder Verunreinigung, abscheiden.

Wie kann man aber aus der Menge einer Verbindung von bekannter Zusammensetzung ihren Gehalt an einem bestimmten Körper berechnen, und wieso kommt es überhaupt, daß sich Verbindungen von constanter Zusammensetzung bilden? Die Berechnung ist sehr einfach. Wenn wir beispielsweise wissen, daß je 159·64 Gewichtstheile Eisenoxyd 111·76 Theile Eisen und 47·88 Theile Sauerstoff enthalten, so können wir mit Leichtigkeit berechnen, wie viel Gramm Eisen (oder Sauerstoff) in einer beliebigen, aber dem Gewichte nach bekannten Menge Eisenoxyd enthalten sein werden und enthalten sein müssen, da eben das Eisenoxyd eine Verbindung von constanter Zusammensetzung ist, und 159·64 Theile Eisenoxyd, einerlei unter welchem Breitegrade wir sie erzeugen, stets die oben angegebene Eisenmenge enthalten. Das Zustandekommen constant zusammengesetzter Verbindungen ist eben eine besondere Eigenschaft der Elemente, für deren Ursache wir allerdings heute noch keine Erklärung wissen, die wir als gegeben hinnehmen müssen. So verbinden sich stets und unter allen Umständen 111·76 Theile Eisen mit 47·88 Theilen Sauerstoff zu 159·64 Theilen Eisenoxyd, oder 22·99 Theile Natrium mit 35·37 Theilen Chlor zu 58·36 Theilen Chlornatrium. Versuchen wir andere Mengen Natrium und Chlor miteinander zu verbinden, so vereinigen sie sich doch nur immer in diesem Verhältnisse, und es wird, je nachdem Natrium oder Chlor im Ueberschusse vorhanden war, eben Natrium oder Chlor im freien Zustande erübrigen. Eine Verbindung zwischen Natrium und Chlor, die in 58·36 Theilen mehr oder weniger als 22·99 Theile Natrium oder mehr oder weniger als 35·37 Theile Chlor enthält, giebt es nicht, und gleichen Gesetzen sind auch alle anderen Elemente unterworfen. Es war eine äußerst mühevolle Arbeit, der zahlreiche und namhafte Chemiker den größten Theil ihres Lebens geopfert haben, diese Verhältnisse festzustellen und zu ermitteln, in welchen constanten Mengen sich die Elemente untereinander verbinden. Diese Arbeiten, die in mehr als einer Beziehung auch sonst für die Chemie von der größten Bedeutung waren und wurden, sind aber die Grundlage der quantitativen Analyse.

Digitized by Google

Beginn und Ende jeder quantitativen Analyse ist stets eine Wägung. Der Chemiker geht von einer gewogenen Menge der zu untersuchenden Substanz aus, zerlegt sie, und führt das oder die Endproducte der Trennung in Verbindungen über, die dann gewogen werden, und aus denen er die Menge der darin enthaltenen gesuchten Substanz zu berechnen im Stande ist. Die Wage ist daher ein wichtiges Geräth des Chemikers, das ihn erst in den Stand versetzt, die Zusammensetzung der ihm vorliegenden Körper nicht nur qualitativ, sondern auch zahlenmäßig festzustellen. Durch Verwendung der Wage in der Chemie ist diese aber erst zur Wissenschaft geworden, und Lavoisier war es, der sich zuerst dieses heute unentbehrlichen Hilfsmittels bedient hat. Erst als man daran ging, die Mengenverhältnisse zu ergründen und festzustellen, in denen die Körper unter sich Verbindungen eingehen, erst als man daran ging, den Verlauf chemischer Reactionen mit der Wage zu verfolgen, war man im Stande, die Fundamentalsätze der Chemie abzuleiten. Aber durch die Wage wurde auch mancher Irrthum aufgeklärt, so beispielsweise verdanken wir unsere heutigen Anschauungen über das Wesen der Verbrennung, die wir als einen Oxydationsvorgang betrachten müssen, einzig allein dem Umstande, daß man den zu verbrennenden Körper und die Verbrennungsproducte wog. Man fand, daß sie schwerer sind als der Körper selbst, und zwar schwerer um das Gewicht des zur Oxydation verbrauchten Sauerstoffes. Dadurch wurde die alte Lehre vom Phlogiston, die annahm, jeder brennbare Körper enthalte ein brennbares Princip, das Phlogiston, endlich und endgiltig über Bord geworfen.

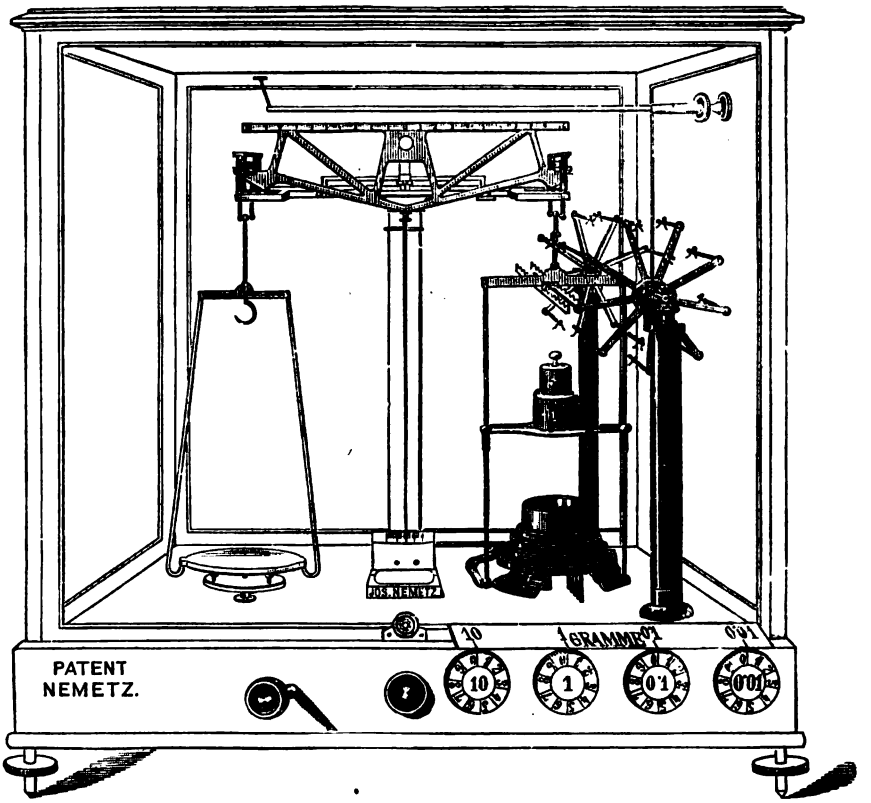


Gewichtssatz einer gewöhnlichen analytischen Wage.

Die Wagen, deren sich der Chemiker bedient, sind aber äußerst subtile Instrumente und in jeder Beziehung vollendete Erzeugnisse der Präcisionsmechanik. Dies ist auch erforderlich, denn der Chemiker muß bei seinen Arbeiten nicht nur mit Zehnteln und Hundertsteln, sondern auch mit Tausendsteln und Zehntausendsteln eines Grammes rechnen. Im Gegentheile: er kommt weit häufiger in die Lage, ganz geringe Gewichtsunterschiede festzustellen, als größere Mengen abzuwägen. Und dies hängt wieder mit der oben erwähnten Anforderung zusammen, die bei Ausführung einer quantitativen Analyse zu wägenden Körper im chemisch reinen Zustande zu wägen und sie von allen sie begleitenden fremden Körpern zu

Digitized by Google

trennen. Diesen Anforderungen kann eben nur dann entsprochen werden, wenn mit kleinen Mengen gearbeitet wird. Wir können uns dies leicht vergegenwärtigen, wenn wir daran denken, wie schwer es fiele, in einer Salzlösung suspendirten (unlöslichen) schwefelsauren Baryt zu sammeln und durch Auswaschen mit Wasser vollständig von der Salzlösung zu befreien, wenn wir eine größere Menge in Arbeit nehmen würden. Beschränken wir uns dagegen auf die Verarbeitung einiger Zehntel Gramm, so wird das Auswaschen rasch und sicher erfolgen.



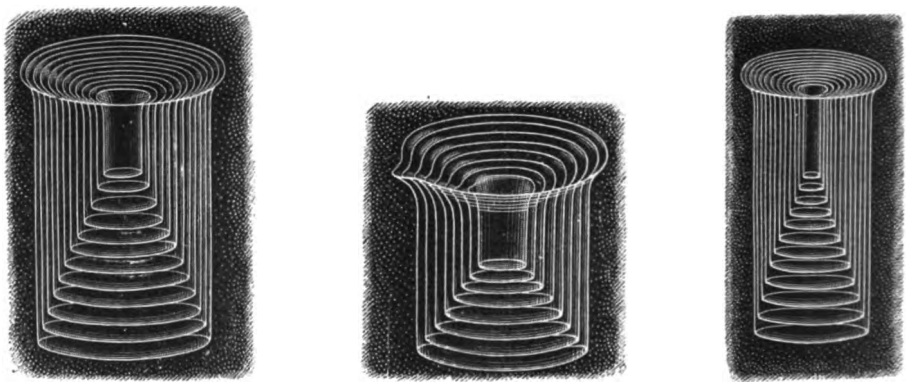

Präcisionswage mit Gewichtsauflegung von außen.
Construirt und ausgeführt von J. Nemetz in Wien.

Es ist hier nicht der Ort, des Näheren auf die Construction der analytischen Wagen einzugehen. Nur so viel sei bemerkt, daß bei guten Wagen die Schneiden aus Achat verfertigt sind, und auf Achatunterlagen spielen, um die Reibung nach Möglichkeit zu vermindern, daß alle Metalltheile der Wage vergoldet werden, und daß man außerdem die Wage mit einem Glasgehäuse umgiebt, um sie vor Staub und Feuchtigkeit zu schützen. Auch muß bei der Wägung jeder Luftzug ferne gehalten werden. Nun ist es aber eine mißliche Sache, bei der Wägung



Digitized by Google

eines Körpers vor jeder Gewichtsauflegung den Kasten der Wage zu öffnen und ihn dann wieder zu schließen, um den Ausschlag der Zunge beobachten zu können, die erst zu spielen beginnt, sobald man die Stützen, auf denen der Wagebalken aufruht, durch Drehung der Arretirungsvorrichtung entfernt hat. In den letzten Jahren war man daher bemüht, Wagen zu construiren, bei denen die Auflegung der Gewichte bei vollständig geschlossenem Wagekasten erfolgt. Am unteren Theile einer solchen Wage befinden sich Knöpfe, die gedreht werden, dabei legt sich automatisch auf den eigenthümlich geformten Wagebalken ein Platindrahtstückchen nach dem anderen im Gewichte von je 0·1 g auf. Mit Hilfe einer zweiten Schraube bewegt man in der gleichen Weise die Hundertstel Gramme, während die Milligramme und Zehntel-Milligramme durch Verschiebung eines genau 0·01 g schweren Reiters auf dem in 100 gleiche Theile getheilten Wagebalken ausgewogen werden.



Bechergläser.

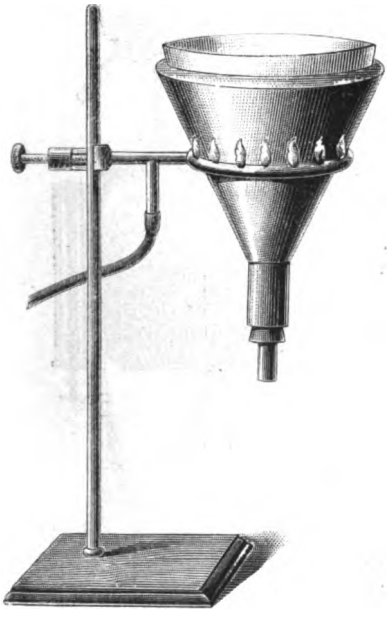
Zur Aufschließung und Lösung der zu untersuchenden Substanzen bedient sich der Chemiker entweder der Bechergläser, das sind dünnwandige Glasgefäße, in denen Flüssigkeiten gekocht werden können, der Porzellanschalen oder endlich, wenn die Substanz mit Soda geschmolzen werden muß, wie viele Mineralien, Schalen oder Tiegeln aus Platin. Die Schmelze wird dann in Wasser und Salzsäure gelöst und in ein Becherglas gebracht, in dem die nächsten Operationen, beispielsweise die Fällung eines Bestandtheiles der Lösung vorgenommen werden.

Nun handelt es sich darum, den ausgefällten Körper zu sammeln und zu reinigen. Zu diesem Zwecke wird er auf ein Filter gebracht und auf diesem gut ausgewaschen, manche Substanzen, die in der Wärme leichter filtriren wie in der Kälte, oder bei gewöhnlicher Temperatur sich nicht filtriren ließen, wie heiß gesättigte Salzlösungen, werden unter Verwendung des sogenannten Heißwassertrichters filtrirt. Es ist dies ein doppelwandiger Blechtrichter, in dem ein gewöhnlicher Glastrichter, der das Filter aufnimmt, steckt. Zwischen den beiden Wan-

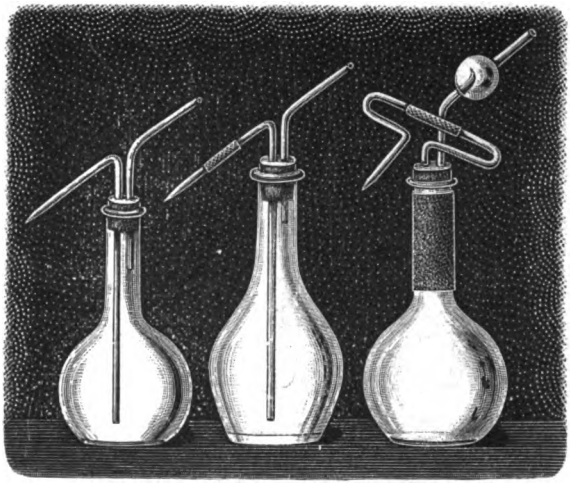
Digitized by Google

dungen des Blechtrichters befindet sich Wasser, das durch einen Kranz von Gasflammen erwärmt oder, wenn nöthig, bis zum Knochen erhitzt wird.

Ist die Substanz ausgewaschen, und fließt nur mehr reines Wasser ab, das mit Hilfe der Spritzflasche vorsichtig — um von der Substanz durch Verspritzen nichts zu verlieren — in den Trichter gebracht wird, so wird der Trichter sammt dem Filter und dem darin befindlichen Niederschlage zunächst in einen Trockenraum gegeben, um Filter und Niederschlag zu trocknen. Auch sonst kommt der Chemiker häufig in die Lage, Substanzen verschiedener Art zu trocknen, und je nach ihrer Natur muß das Trocknen bei einer 100° nicht überschreitenden, oder bei höherer Temperatur geschehen. Dazu dienen Trockenschränke verschiedener Einrichtung. Soll in dem Trockenschranke eine Temperatur von 100° herrschen, so benützt man Dampf oder kochendes Wasser zur Erwärmung. Der Trockenschrank



Heißwassertrichter.



Spritzflaschen.

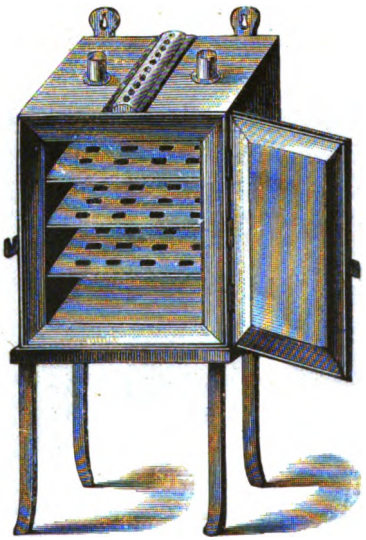
besitzt doppelte Wandungen, zwischen denen Dampf circulirt oder Wasser im Kochen erhalten wird. Häufig wird der Dampf in einer Destillirblase erzeugt, strömt durch den Raum zwischen den Wandungen des Trockenschrankes und gelangt dann nach einem Kühler, in dem er condensirt wird. Man heizt mit Hilfe dieser Vorrichtung einerseits den Trockenschrank und gewinnt andererseits destillirtes Wasser, denn das gewöhnliche Wasser ist für die Zwecke des Chemikers durchaus nicht genügend rein. Es enthält stets gelöste Mineralstoffe, die die Ergebnisse der Analyse beeinträchtigen würden. Sie müssen daher entfernt werden, was am einfachsten durch Destillation geschieht. Die im Wasser gelösten Stoffe hinterbleiben in der Blase des Destillirapparates, und nach dem Kühler gelangt nur reiner Wasserdampf, der sich hier verdichtet.



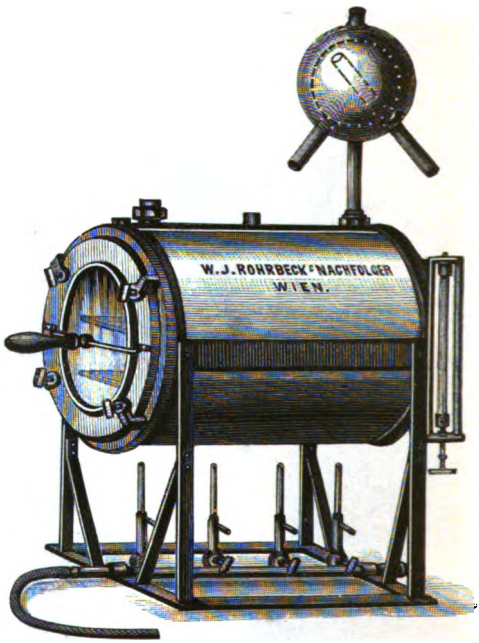
Digitized by Google

Zur Erzeugung höherer Temperatur benützt man Trockenschränke, die durch Gasflammen geheizt werden. Durch stärkeres oder schwächeres Aufdrehen der Gasflammen hat man es innerhalb gewisser Grenzen in der Hand, jede beliebige Temperatur im Inneren des aus Metall verfertigten Schrankes zu erzeugen.

Um sehr wasserreiche Substanzen rasch zu trocknen, benützt man die sogenannten Vacuum-Trockentrommeln, die durch Dampf oder kochendes Wasser geheizt werden, deren luftdicht abzuschließender Innenraum aber außerdem noch mit einer Luftpumpe in Verbindung steht. Dadurch wird im Inneren des Apparates ein



Trockenschrank zur Erzielung von Temperaturen über 100°.



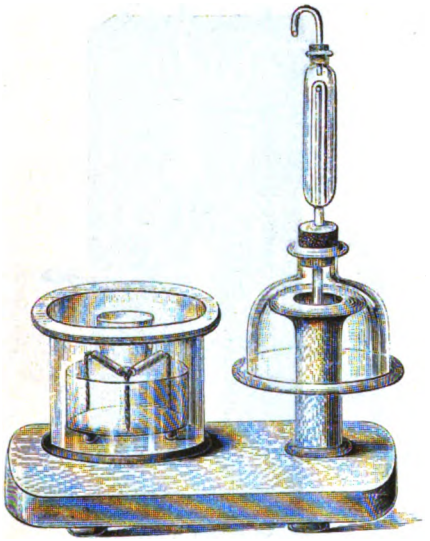

Schwackhöfer'sche Vacuum-Trockentrommel mit Soxhlet'schem Kugelkühler.

luftverdünnter Raum erzeugt, und die Entfernung selbst größerer Wassermengen und das vollständige Austrocknen der Substanz innerhalb sehr kurzer Zeit ermöglicht. Die auf dem Trommelwasserbade angebrachte kugelförmige Vorrichtung ist ein Soxhlet'scher Kugelkühler, dessen Einrichtung wir noch besprechen werden. Er hat den Zweck, die Dämpfe des zwischen den doppelten Wandungen der Trommel kochenden Wassers zu verdichten und immer wieder in den Apparat zurückzuführen, so daß man mit einer geringen Menge Wasser auslangt.

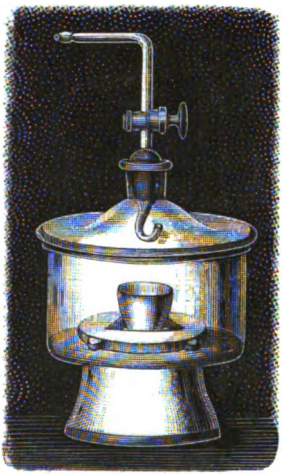
Ist das Filter und der Niederschlag getrocknet, so kann nun der Niederschlag gewogen werden. Man trennt ihn zunächst vorsichtig vom Filter und bringt dieses in einen Tiegel, in dem es verascht wird. Am Filter hängende Theile des Niederschlages bleiben im Tiegel, der natürlich vorher genau gewogen wurde.

Digitized by Google

Dann bringt man auch den Niederschlag in den Tiegel und glüht abermals. Dies hat einen doppelten Zweck. Einerseits wird durch das Glühen der Niederschlag vollständig entwässert, andererseits bewirkt oft erst die Einwirkung der Hitze die Ueberführung des Niederschlages in eine Verbindung von constanter Zusammensetzung. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn es sich um die quantitative Bestimmung des Eisens handelt. Aus der Lösung wird es in Form eines dunkelbraunen, schleimigen Niederschlages, der aus Eisenoxydhydrat besteht, abgeschieden. Erst durch das Glühen geht es in Eisenoxyd über. Oder es soll Kalk bestimmt werden. Dann fällt man den Kalk als oxalsauren Kalk, durch anhaltendes Glühen geht er dann zunächst in kohlensauren Kalk und endlich in Aetzkalk über, in welcher



Exsiccator (offen) mit Schrötter'schen Aufsatze.



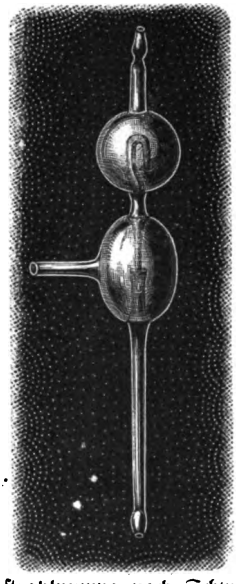
Evacuirbarer Exsiccator.

Form er gewogen wird. Da man es der im Tiegel befindlichen Substanz aber nicht ansieht, wann genügend geglüht ist, ob wirklich das Filter vollständig verascht ist, oder ob alle Kohlensäure ausgetrieben wurde, so muß man den Tiegel wiederholt wägen und wieder glühen, und zwar so lange, bis das Gewicht nicht mehr abnimmt. Das Gewicht der Filterasche muß aber bekannt sein, und vom Gesammtgewichte des Niederschlages abgezogen werden, jetzt benützt man allerdings ganz allgemein die sogenannten „aschenfreien" Filter, die durch Auswaschen mit Salz- und Flußsäure gereinigt werden, fast nur aus Cellulose bestehen, und thatsächlich so minimale Aschenmengen enthalten, daß diese die Genauigkeit der Bestimmung nicht mehr zu beeinträchtigen vermögen.

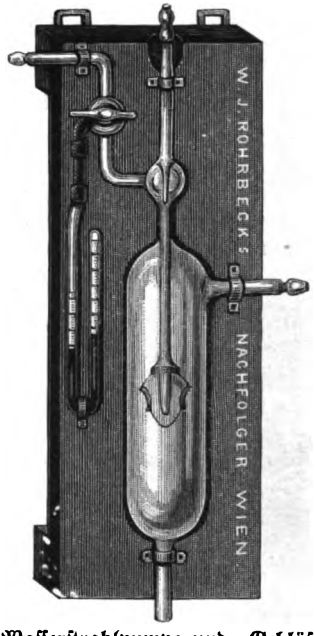
Im warmen Zustande darf aber kein Körper auf die Wage gebracht werden. Während des Erkaltens könnte aber Staub in den Tiegel fallen, oder die Substanz, wie beispielsweise Aetzkalk, Feuchtigkeit aus der Luft anziehen. Man stellt

Digitized by Google

deshalb den heißen Tiegel in einen Exsiccator. Die Exsiccatoren sind cylindrische Glasgefäße mit gut paßendem, aufgeschliffenem Deckel, der Rand wird außerdem noch schwach eingefettet. Am Boden des Glasgefäßes befindet sich eine begierig Wasser anziehende Substanz, wie Chlorcalcium oder concentrirte Schwefelsäure. Dadurch wird die Luft im Inneren des Gefäßes stets trocken sein. Bringt man den heißen Tiegel in den Exsiccator und schließt den Deckel, so dehnt sich die Luft aus und entweicht durch den Aufsatz des Exsiccators, der mit concentrirter Schwefelsäure gefüllt ist, und die sie durchstreichen muß. Kühlt sich dann die Luft im Exsiccator wieder ab, so tritt von außen Luft zu, sie muß aber ebenfalls die Schwefelsäure passiren, wodurch sie getrocknet wird. Endlich verwendet



Wasserstrahlpumpe nach Schwackhöfer.



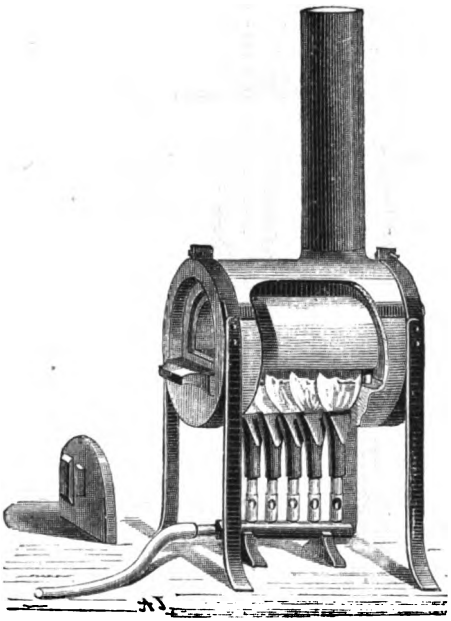

Wasserstrahlpumpe und -Gebläse.

man auch Exsiccatoren, die im Deckel ein durch einen Hahn verschließbares Rohr tragen. Sie werden mit Hilfe der Luftpumpe evacuirt, worauf man diesen Hahn schließt und nun die Substanz im luftverdünnten Raume aufbewahren und trocknen kann.

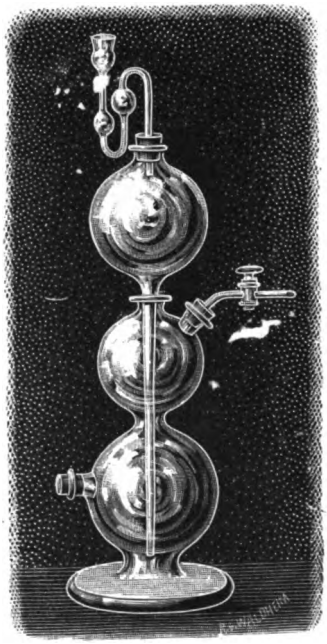
Manche Niederschläge besitzen aber die unliebsame Eigenschaft, vermöge ihrer schleimigen Beschaffenheit sehr rasch die Poren des Filters zu verstopfen. Man unterstützt dann die Filtration dadurch, daß man den Trichter auf einer sogenannten Saugflasche befestigt, und diese mit einer Luftpumpe in Verbindung bringt. Im Inneren der Saugflasche wird dadurch ein luftverdünnter Raum erzeugt; der äußere, auf der abzufiltrirenden Flüssigkeit lastende Luftdruck bewirkt dann, daß sie rascher als sonst das Filter passirt.

Digitized by Google

Die Luftpumpe ist heute überhaupt ein in jedem Laboratorium fast unentbehrlicher Gegenstand geworden. Doch bedient sich der Chemiker nicht der bekannten ein- oder zweistiefeligen Luftpumpen, sondern er benützt dort, wo Wasser mit genügendem Drucke zur Verfügung steht, die bequemen und ausgezeichnet wirkenden Wasserstrahlluftpumpen. Ihr Princip ist sehr einfach: ein ganz dünner Wasserstrahl schießt innerhalb eines birnenförmigen Glaskörpers in eine etwas weitere Tube und reißt dabei die ihn umgebende Luft mit. Das zu evacuirende Gefäß steht mittelst eines dickwandigen Kautschukschlauches mit dem birnenförmigen Glaskörper in Verbindung, und wird auf diese Weise nach und nach nahezu luft-



Gasmuffelofen von Wiesnegg.



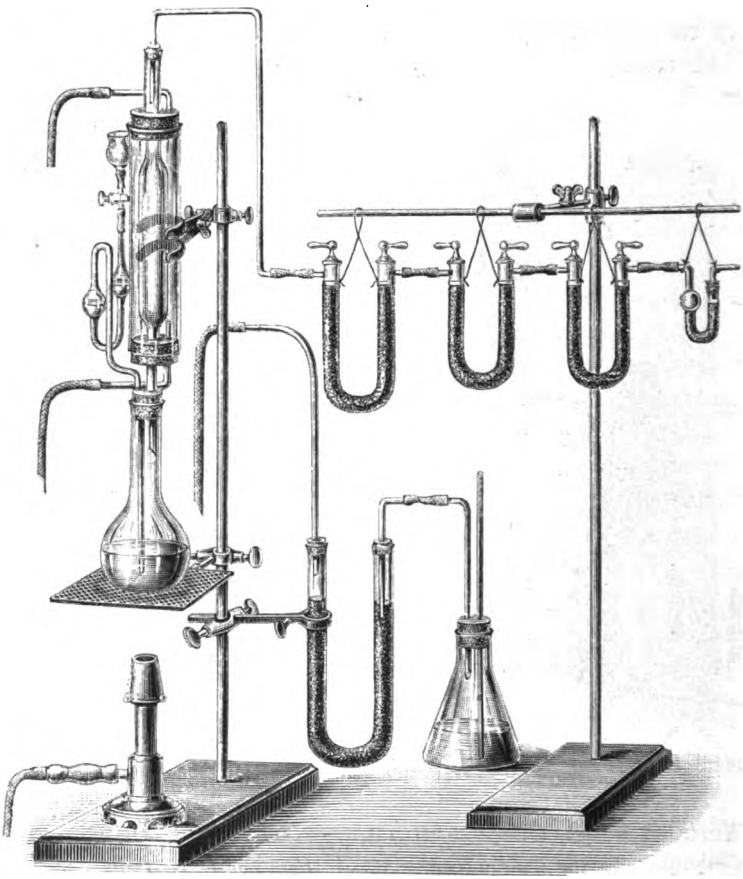
Gasentwickelungsapparat nach Kipp.

leer. Die Wirkung dieser Pumpen ist natürlich von dem Drucke, unter welchem der Wasserstrahl austritt, abhängig. Je stärker der Druck ist, desto kräftiger werden sie wirken. Man kann eine ganz ähnliche Vorrichtung aber auch benützen, um die von dem Wasserstrahle mitgerissene Luft zu comprimiren, und solcher Vorrichtungen bedient man sich, um die zum Betriebe von Gebläsen nöthige Preßluft zu erzeugen.

Diese Gebläse gestatten die Erzeugung sehr hoher Temperaturen an einem bestimmten Punkte; handelt es sich dagegen darum, größere Substanzmengen anhaltend zu glühen oder Pflanzentheile zu veraschen, so verwendet man mit Gas geheizte Chamottemuffeln, deren innerer Raum, die eigentliche Muffel, von den Flammen umspült wird.

Digitized by Google

Häufig kommt der Chemiker auch in die Lage, Gase zur Durchführung seiner Arbeiten zu benützen. So braucht er beispielsweise Wasserstoffgas, um Metalloxyde zu reduciren, er braucht Kohlensäure, um die atmosphärische Luft zu verdrängen, oder Schwefelwasserstoff, um ihn als Fällungsmittel zu verwenden. Kohlensäure und Wasserstoff werden heute zwar, wie wir wissen, im comprimirten Zustande in den Handel gebracht, die geringen Mengen, deren der Chemiker bedarf,



Apparat zur Bestimmung der Kohlensäure nach Classen.

pflegt er sich jedoch in der Regel selbst zu bereiten: Wasserstoff durch Einwirkung von verdünnter Schwefelsäure auf Zink, Kohlensäure durch Zersetzung von Marmor mit verdünnter Salzsäure und endlich Schwefelwasserstoff durch Einwirkung von Schwefelsäure auf Schwefeleisen. Bringt man aber Zink mit verdünnter Schwefelsäure zusammen, so hört die Wasserstoffentwickelung nicht eher auf, ehe nicht entweder das Zink oder die Schwefelsäure aufgebraucht ist. Man benützt daher Vorrichtungen, die die rasche Trennung beider Substanzen gestatten, sobald man das

Digitized by Google

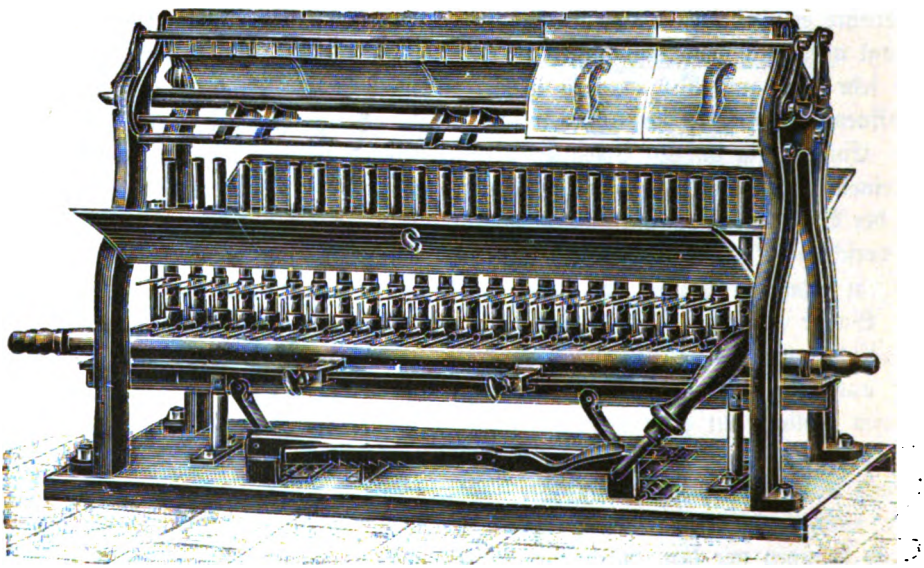
Gas nicht mehr benöthigt, wodurch die Gasentwickelung aufhört. Es sind dies die Kipp'schen Apparate, deren Einrichtung uns die Abbildung auf Seite 935 veranschaulicht. In die mittlere Kugel der Vorrichtung wird in Stangen gegossenes Zink gebracht, diese Kugel trägt ein durch einen Hahn verschließbares Rohr, durch das der Wasserstoff weitergeleitet wird. Dann füllt man durch die obere Kugel, die in ein langes, bis nahe auf den Boden der untersten Kugel reichendes Rohr ausläuft, die Säure ein, und zwar in solcher Menge, daß sie das Zink umspült. Jetzt findet die Einwirkung zwischen dem Zink und der Säure statt, wobei sich Wasserstoffgas entwickelt, es entweicht durch den erwähnten Hahn. Will man die Gasentwickelung unterbrechen, so braucht man nur diesen Hahn zu schließen. Das sich nun noch entwickelnde Gas kann nicht entweichen und drückt auf die Säure, die in dem Glasrohre emporsteigen wird und sich in der obersten Kugel ansammelt. Dadurch gelangt aber auch das Zink außerhalb der Säure und die Wasserstoffentwickelung hört sehr bald auf. Will man sie wieder einleiten, so braucht man nur den Hahn zu öffnen. Dann sinkt die Säure wieder herab, gelangt zu dem Zink u. s. f.

Eine häufig an den Chemiker herantretende Aufgabe ist es, Kohlensäure in Gesteinen, Rohmaterialien für die Düngerfabrikation, in gebrauchtem Spodium, das der Wiederbelebung unterzogen werden soll u. s. w. zu bestimmen. Dies kann auf verschiedene Weise geschehen. Wir können die Kohlensäure, die, wie wir wissen, als sehr schwache Säure von jeder stärkeren verdrängt und ausgetrieben wird, über Wasser auffangen und messen, aus dem Volumen können wir dann unter Berücksichtigung von Druck und Temperatur ihr Gewicht berechnen. Wir können aber auch eine gewogene Menge der Substanz, in der wir die Kohlensäure bestimmen wollen, mit einer gewogenen Menge Säure zusammenbringen, die Kohlensäure austreiben und den Gewichtsverlust ermitteln, der dann der vorhanden gewesenen Kohlensäuremenge entspricht. Drittens können wir aber auch die Kohlensäure binden und sie auf diese Weise direct zur Wägung bringen. Zu diesem Zwecke benützen wir den durch die Abbildung auf Seite 936 veranschaulichten Apparat. In den auf dem Drahtnetze stehenden Glaskolben bringen wir eine gewogene Menge der Substanz, in der wir die Kohlensäure bestimmen wollen. Wir verbinden nun den Kolben mit dem aufrechtstehenden Kühler und diesen mit den an dem Stative hängenden U-förmigen Röhren, die mit Substanzen gefüllt sind, von denen die Kohlensäure gebunden wird. Nun lassen wir durch den seitlich angebrachten Trichter Säure in den Kolben treten. Das Trichterrohr ist wiederholt gebogen, um zu verhindern, daß hier Kohlensäure, die sich sogleich zu entwickeln anfängt, entweicht, denn diese Biegungen bleiben stets mit Flüssigkeit gefüllt, die einen hermetischen Abschluß bildet. Die Kohlensäure wird also gezwungen, durch den Kühler nach den U-Röhren zu entweichen. Doch dürfen wir nur reine und trockene Kohlensäure auffangen, wir müssen das entweichende Gas daher zunächst trocknen. Zu diesem Zwecke befindet sich in dem ersten U-förmigen Rohre Chlorcalcium, dessen Eigenschaft, begierig Wasser aufzunehmen, wir schon kennen. Dann gelangt das nun trockene Gas in das zweite Röhrchen, das mit Natronkalk, einem

Digitized by Google

Gemenge von Aetzkalk mit Aetznatron, gefüllt ist. Hier entsteht kohlensaurer Kalk und kohlensaures Natron, wir haben das Röhrchen vorher gewogen, und die Gewichtszunahme giebt uns daher die Menge der aufgenommenen Kohlensäure an. Möglicherweise war aber die Absorption der Kohlensäure im ersten Röhrchen noch nicht vollständig, wir schalten daher noch ein zweites, mit der gleichen Substanz (Natronkalk) beschicktes und ebenfalls gewogenes Röhrchen ein und verhindern den Zutritt kohlensäurehaltiger und feuchter Luft, indem wir am Ende der Vorrichtung noch ein kleines, mit Natronkalk und Chlorcalcium gefülltes Röhrchen vorlegen, das aber nicht gewogen wird.

Kohlensäure ist aber in Flüssigkeiten löslich. Um daher alle in den Kolben



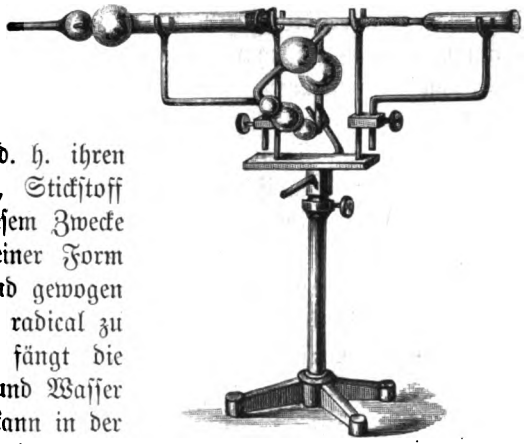
Verbrennungsofen zur Elementaranalyse nach Babo & Erlenmeyer.

entwickelte Kohlensäure nach den Natronkalkröhrchen zu schaffen, müssen wir die im Kolben befindliche Säure zum Kochen erhitzen. Dabei tritt der Kühler in Function, indem sich hier der Wasser- und Säuredampf verdichtet und zurückfließt, während er sonst nach dem mit Chlorcalcium gefüllten Rohre gelangen würde. Endlich saugen wir noch Luft durch den Apparat, um sicher alle Kohlensäure nach der Absorptionsvorrichtung zu schaffen. Die Luft, die wir athmen, enthält aber ebenfalls Kohlensäure, die unser Resultat beeinflussen würde, denn die Kohlensäure würde ebenfalls von dem Natronkalk zurückgehalten. Wir lassen sie daher zunächst eine mit concentrirter Schwefelsäure gefüllte Flasche, und dann ein größeres, mit Natronkalk und Chlorcalcium gefülltes U-förmiges Rohr passiren, um sie zu trocknen und die geringen, ihr beigemengten Mengen Kohlensäure zurückzuhalten. Nach Beendigung der Operation wägen wir beide Natronkalkröhrchen

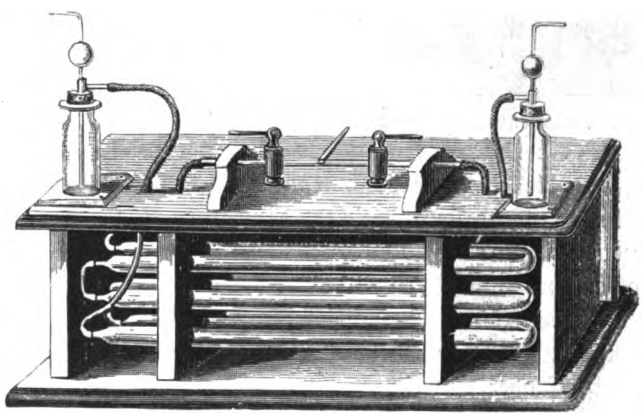
Digitized by Google

abermals. Haben wir beispielsweise 1 g Substanz zerlegt, und haben die Röhrchen um 0·3 g zugenommen, so waren in 1 g 0·3 g Kohlensäure, entsprechend 30·00% vorhanden.

Eine der schwierigsten Aufgaben tritt an den Chemiker heran, wenn es sich darum handelt, die Elementarzusammensetzung organischer Substanzen zu ergründen, d. h. ihren Gehalt an Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff festzustellen. Zu diesem Zwecke muß er auch diese Elemente in einer Form abscheiden, in der sie festgehalten und gewogen werden können. Er geht dabei sehr radical zu Wege: er verbrennt die Substanz fängt die Verbrennungsproducte Kohlensäure und Wasser auf, und wägt sie. Der Stickstoff kann in der gleichen Operation nicht bestimmt werden, man sorgt dafür, daß er als elementarer Stickstoff entweicht und bestimmt ihn in einer besonderen Probe; der Sauerstoff endlich wird aus der Differenz auf 100 ermittelt.



Stativ zur Befestigung von Liebig's Kugelapparat und anderen Absorptionsapparaten.



Reinigungs- und Trockenapparat für Luft und Sauerstoff nach E. Ludwig.

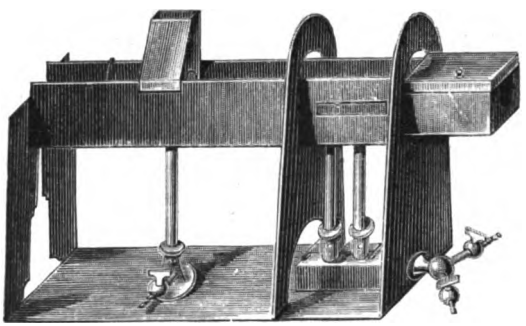
Die Verbrennung der Substanz wird in einem langen Glasrohre vorgenommen, welches in einem durch zahlreiche Bunsenbrenner heizbaren, langen Ofen liegt.

Um die Hitze gut zusammenzuhalten und auf das Glasrohr, das natürlich aus schwer schmelzbarem (Kali-)Glase verfertigt sein muß, zu concentriren, kann der Ofenraum mit Chamotteziegeln eingedeckt werden.

Digitized by Google

Das Glasrohr wird mit Kupferoxyd, dessen Aufgabe es ist, Sauerstoff abzugeben und mit einer gewogenen Menge der zu analysirenden Substanz beschickt. Einerseits bringt man es mit den Absorptionsröhrchen in Verbindung, andererseits mit einem Gasbehälter, der Luft oder Sauerstoffgas enthält, denn die Verbrennung wird — je nach der Natur der Substanz — im Luft- oder im Sauerstoffstrome vorgenommen.

Das dem Ende des Verbrennungsrohres zunächst liegende Absorptionsröhrchen wird mit Chlorcalcium gefüllt, um das bei der Verbrennung aus dem Wasserstoffe der organischen Substanz entstehende Wasser aufzunehmen. An dieses Röhrchen schließen sich mit Natronkalk beschickte U-förmige Röhren oder aber der Liebig'sche, mit Kalilauge gefüllte Kugelapparat an. Gleich dem Natronkalk nimmt auch Kalilauge begierig Kohlensäure auf, der Kugelapparat ist so eingerichtet, daß die Gase wiederholt die Kalilauge durchstreichen müssen. Am Ende der Absorptionsvorrichtungen wird ebenfalls ein Röhrchen, gefüllt mit Natronkalk und Chlorcalcium, vorgelegt, um das Eindringen von feuchter, kohlensäurehaltiger Luft zu verhüten.



Verbrennungsofen zur Elementaranalyse nach Kopfer.

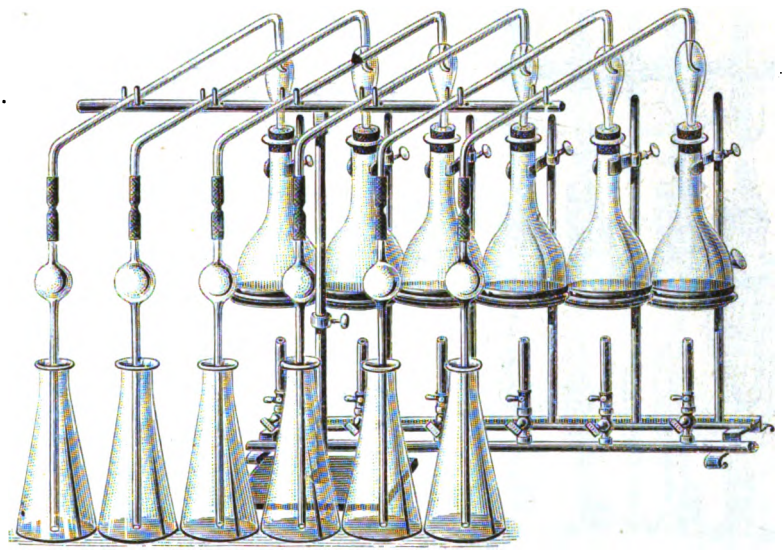
Wenn das Gasrohr mit dem Kupferoxyd und der Substanz beschickt und mit den Absorptionsvorrichtungen verbunden ist, so erhitzen wir zunächst den mit Kupferoxyd gefüllten Theil zu lebhaftem Glühen. Dann leiten wir die Hitze nach der Substanz, sie wird zerlegt, und die Producte der unvollständigen Verbrennung, wie Kohlenwasserstoffe oder Kohlenoxyd durchstreichen das glühende Kupferoxyd, wobei sie es theilweise reduciren, und auf Kosten des ihm entrissenen Sauerstoffes vollständig zu Kohlensäure und Wasserstoff verbrennen. Auch auftretende Stickstoffverbindungen werden zerlegt, so daß in die Absorptionsröhrchen nur Kohlensäure, Wasserdampf und Stickstoff gelangt. Kohlensäure und Wasser werden festgehalten, der Stickstoff aber entweicht.

Während der Verbrennung lassen wir einen langsamen Strom trockener und kohlensäurefreier Luft durch den Apparat treten, die die Verbrennungsproducte nach den Absorptionsvorrichtungen schafft. Ist die Verbrennung nahezu beendet, so ersetzen wir die Luft durch Sauerstoff, sichern dadurch eine vollständige Verbrennung auch der letzten Antheile der Substanz und führen endlich das reducirte Kupfer wieder in Kupferoxyd über, so daß nach beendeter, ohne Unfall verlaufener Verbrennung das Verbrennungsrohr sich wieder im ursprünglichen Zustande befindet. Die zu verbrennende Substanz wird in gewogener Menge in einem kleinen Platinschiffchen in den vorderen Theil des Rohres gebracht, wir können

Digitized by Google

daher, indem wir das Schiffchen herausziehen und ein anderes, frisch gefülltes an seine Stelle setzen, einer vollendeten Elementaranalyse sofort eine zweite folgen lassen. Die Absorptionsvorrichtungen werden gewogen und durch neue ersetzt, aus dem Gewichte der Kohlensäure und des Wassers, die sich bei der Verbrennung gebildet haben, können wir dann sonder Mühe den Gehalt der untersuchten organischen Substanz an Kohlenstoff und Wasserstoff berechnen.

Die Arbeit mit dem beschriebenen Verbrennungsofen ist aber nichts weniger als angenehm. Eine solche Analyse währt mindestens eine Stunde, und während dieser Zeit muß der die Verbrennung Leitende unausgesetzt die Vorgänge im Rohre beobachten, die Hitze reguliren, den Gasstrom regeln, dabei befindet er



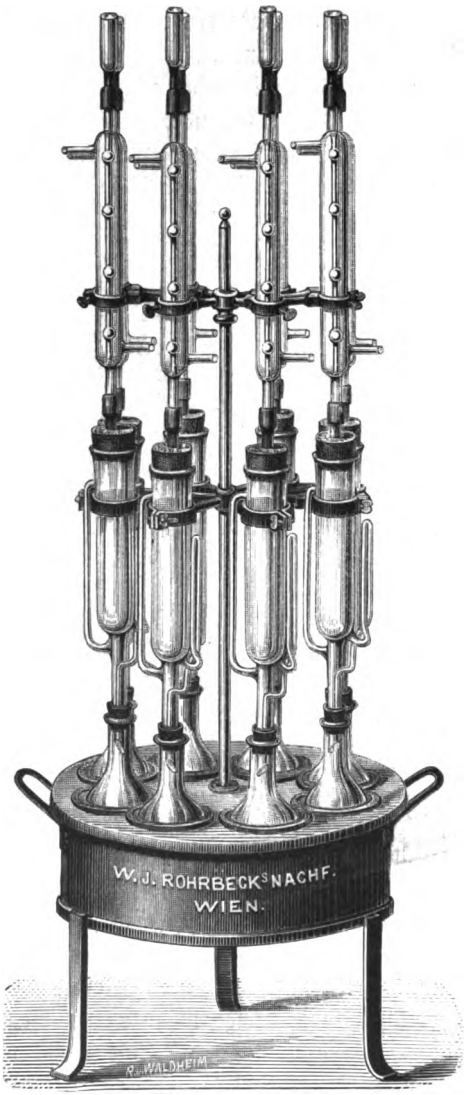
Destillirapparat zur Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl.

sich stets ganz nahe dem in voller Thätigkeit befindlichen Ofen, der eine tropische Hitze verbreitet. Man war daher bemüht, die Verbrennungsöfen zu vereinfachen, und eine solche, äußerst zweckmäßige Vereinfachung bildet der Kopfer'sche Verbrennungsofen.

Hier wird das Kupferoxyd oder an dessen Stelle mit feinen vertheilten Platin gemengter Asbest, der kräftig Sauerstoff überträgt, durch drei gewöhnliche Bunsenbrenner erhitzt, und die Verbrennung der Substanz bewirkt man mit Hilfe eines einzigen, etwas größeren Brenners, den man nach und nach unter dem Rohre weiter schiebt. Man beginnt hier sofort die Verbrennung im Sauerstoffstrome, und erhält bei nicht flüchtigen Substanzen die gleichen Resultate wie mit dem alten Ofen, nur mit dem Unterschiede, daß die strahlende Wärme ungleich geringer ist, der Apparat weit weniger Gas benöthigt und auch weniger Raum beansprucht, da er nur etwa halb so lang ist wie der alte lange Ofen.

Digitized by Google

Zur Bestimmung des Stickstoffgehaltes organischer Substanzen können zwei Wege eingeschlagen werden. Nach der älteren Methode von Dumas bringt man die Substanz in das Glasrohr eines Verbrennungsofens und mengt sie innig mit Kupferoxyd. Dann verdrängt man alle in dem Rohre enthaltene Luft durch Kohlensäure, die man in einem Kipp'schen Apparate entwickelt und beginnt nun, während unausgesetzt Kohlensäure durch das Verbrennungsrohr geleitet wird, zu erhitzen. Die Substanz verbrennt, und zwar nimmt sie den Sauerstoff aus dem Kupferoxyd, mit dem sie innig gemengt ist, der Stickstoff wird dabei in elementarer Form abgeschieden. Aus dem Rohre entweicht daher ein aus Kohlensäure und Stickstoff bestehendes Gasgemenge. Man leitet es unter eine oben zugeschmolzene, mit concentrirter Kalilauge gefüllte und in Zehntel-Kubikcentimeter getheilte Glasröhre, die in einer mit Kalilauge gefüllten Wanne steht. Da das Rohr oben zugeschmolzen ist, hält es der äußere Luftdruck mit Kalilauge gefüllt. Aus dem eintretenden Gasgemische absorbirt die Kalilauge aber begierig und vollständig die Kohlensäure, so daß nur der Stickstoff übrig bleibt. Ist die Verbrennung beendet, so werden die entwickelten Kubikcentimeter Stickstoff genau ermittelt, unter Berücksichtigung der Temperatur und des Luftdruckes vermag man dann zu berechnen, wie viel Milligramme Stickstoff abgeschieden wurden.




Soxhlet'scher Extractionsapparat. Batterie von acht Kölbchen.

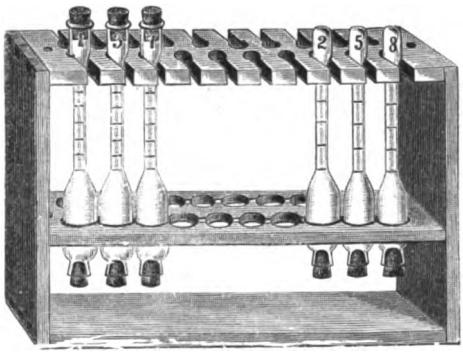
Weit einfacher und expeditiver sind jene Verfahren zur Bestimmung des Stickstoffes, die darauf hinauslaufen, ihn in Ammoniak überzuführen und als solches zu bestimmen. Will-Varrentrapp erreicht dies durch Erhitzen der Substanz mit Natronkalk, am elegantesten aber Kjeldahl durch Verbrennen derselben mit concentrirter Schwefelsäure unter Zusatz eines Oxydationsmittels. Dies kann in kleinen Glaskolben vorgenommen

Digitized by Google

werden; man erkennt das Ende der Reaction daran, daß die ursprünglich durch abgeschiedenen Kohlenstoff schwarze Flüssigkeit farblos wurde. Dann hat man den Stickstoff in Form von schwefelsaurem Ammon vorliegen, das in concentrirter Schwefelsäure gelöst ist. Um das Ammoniak daraus abzuscheiden und seine Menge zu bestimmen, spült man den Inhalt des zur Aufschließung, beziehungsweise Verbrennung benützten Kolbens in einen anderen, geräumigeren Kolben, übersättigt mit Natronlauge und destillirt nun das Ammoniak ab, wobei man es in vorgelegter verdünnter Säure auffängt. In sehr einfacher Weise kann dann die Menge des übergegangenen Ammons bestimmt werden, und da es ebenfalls eine Verbindung von genau bekannter und constanter Zusammensetzung ist, fällt es nicht schwer, die Menge des darin enthaltenen Stickstoffes zu ermitteln.

Kugelkühler (Rückflußkühler) nach Soxhlet.

An den Agriculturchemiker tritt besonders häufig die Aufgabe heran, in verschiedenen Substanzen, besonders aber in Futtermitteln das als Nährstoff wichtige Fett zu bestimmen.

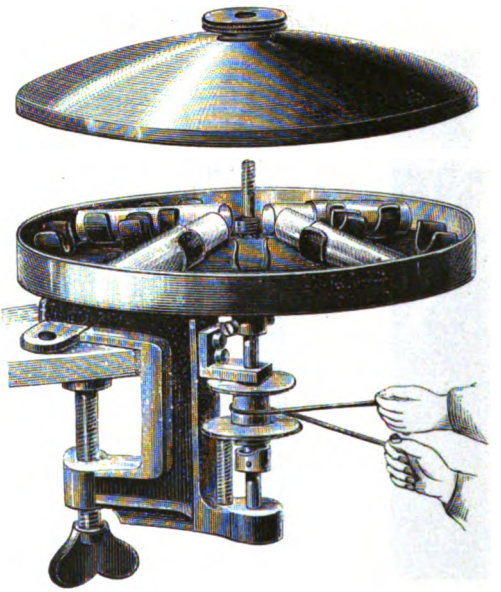



Butyrometerröhrchen.

Dazu dient ein höchst einfacher, aber trotzdem äußerst sinnreicher Apparat, den die Abbildung auf Seite 942 veranschaulicht, er wurde von Professor Soxhlet angegeben. Die theilweise in einem Wasserbade stehenden Kölbchen des Apparates werden zunächst gewogen und dann mit Aether gefüllt. Man verbindet jedes derselben mit dem eigentlichen Soxhlet'schen Extractionsapparate, der seinerseits wieder einen Kühler trägt. In den Extractionsapparat wird, in Papier eingeschlagen, eine gewogene Menge der Substanz gebracht, deren Fettgehalt ermittelt werden soll. Wird nun das Wasserbad mäßig erwärmt, so beginnt der in den Kölbchen enthaltene Aether zu kochen, der Dampf steigt durch die äußeren, weiten Rohre der Extractionsapparate empor, gelangt in den Kühler und verdichtet sich hier. Nun tropft der Aether in das Innere des Extractionsapparates und kommt hier mit der Substanz selbst in Berührung, wobei er das in ihr enthaltene

Digitized by Google

Fett auflöst. An der Außenseite des Extractionsapparates befindet sich aber ein Heberrohr, das sich in dem Maße füllt, als der Aether in dem Apparate selbst emporsteigt, endlich tritt der Heber in Function und leitet den mit Fett beladenen Aether wieder in das gewogene Kölbchen zurück. Der Aether verdampft neuerdings, hinterläßt aber das Fett in dem Kölbchen, löst in Berührung mit der Substanz eine neue Fettmenge, und dies wiederholt sich ohne Unterbrechung, so daß es endlich gelingt, mit einer geringen Menge Aether die Gesammtmenge des Fettes nach dem gewogenen Kölbchen zu schaffen. Ist die Extraction beendet, so wird aus dem Kölbchen der Aether abdestillirt und das Kölbchen abermals gewogen, die Gewichts-



Gerber's Acidbutyrometer. Kreiselcentrifuge.

differenz gegenüber der ersten Wägung entspricht der ursprünglich in der Substanz, nun aber im Kölbchen enthaltenen Fettmenge.

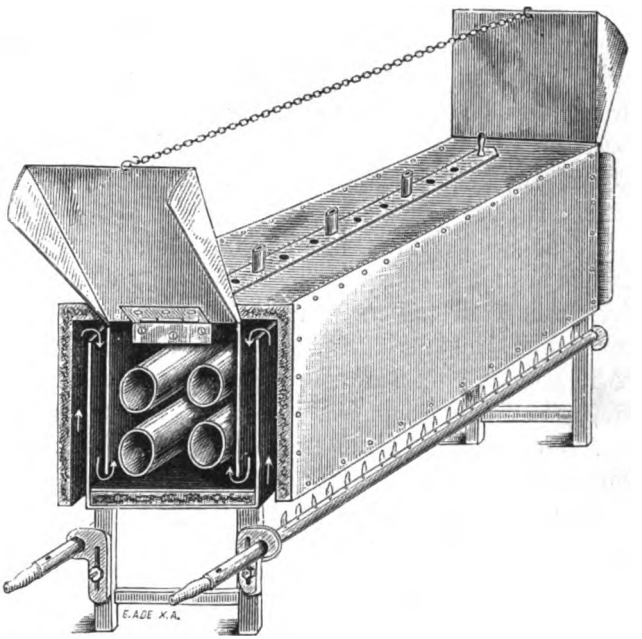
An Stelle der langen Kühler, wie sie unsere Abbildung veranschaulicht, und die, mit Wasser gefüllt, ein bedeutendes Gewicht besitzen, verwendet man jetzt vielfach die hübschen Soxhlet'schen Kugelkühler. Die innere Kugel wird von kaltem Wasser durchströmt, in den zwischen ihr und dem äußeren Mantel verbleibenden Raum tritt der zu verdichtende Dampf ein, der dadurch einerseits von innen durch das kalte Wasser, von außen durch die umgebende Luft gekühlt wird. Die Wirkung dieser Kühler ist sehr groß, dazu kommt noch, daß sie wenig Raum beanspruchen.

Für die Beurtheilung der Güte einer Milch ist die Bestimmung ihres Fettgehaltes von großer Wichtigkeit. Man könnte den Fettgehalt der Milch ebenfalls mit Hilfe des eben besprochenen Soxhlet'schen Apparates bestimmen, doch wäre

Digitized by Google

dies sehr zeitraubend, da wir zunächst die Milch im Gemenge mit Gips zur Trockene verdampfen müßten, erst das trockene Pulver könnten wir in den Extractionsapparat bringen. Innerhalb weniger Minuten können wir dagegen den Fettgehalt der Milch mit Hilfe des Gerber'schen Acidbutyrometers ermitteln.

Wir bringen zu diesem Zwecke eine genau abgemessene Milchmenge in eines der für diesen Zweck bestimmten, mit einer Eintheilung versehenen Röhrchen, fügen Schwefelsäure von bestimmter Concentration zu, um das Fett in Freiheit zu setzen, und etwas Amylalkohol, worauf wir das Röhrchen verschließen und kräftig schütteln. Dann legen wir es in die Gerber'sche Kreiselcentrifuge, die mit Hilfe eines Schnurzuges in sehr rasche Umdrehung versetzt wird. Unter dem Einflusse der Centrifugalkraft scheidet sich das Milchfett ab, und zwar binnen sehr kurzer Zeit; nehmen wir dann das Röhrchen aus der Centrifuge, so sehen wir, daß sich das Fett der Milch als klare, fast farblose Schicht über den schwarz gefärbten anderen Flüssigkeiten abgeschieden hat. Die Theilung des Röhrchens ist so bemessen, daß sie bei Anwendung bestimmter Mengen Milch, Schwefelsäure und Amylalkohol unmittelbar Zehntel-Procenten Fett entspricht. Mit Hilfe dieses genialen Apparates ist man im Stande, den Fettgehalt mehrerer Milchproben in ganz kurzer Zeit mit großer Genauigkeit zu bestimmen. Einen ganz besonderen Werth erlangt er dadurch, daß seine Handhabung so einfach ist, daß er auch in die Hand des Laien gegeben werden kann.



Schießofen nach Lothar Meyer.

Nun wollen wir noch einige Apparate besprechen, die hauptsächlich in organischen Laboratorien bei der Ausführung synthetischer Arbeiten Verwendung finden. Häufig ist es dann nöthig, Substanzen unter Druck und bei höherer Temperatur aufeinander einwirken zu lassen. Man benützt zu diesem Zwecke entweder kleine Autoclaven, die mit einem gut schließenden Deckel versehen sind (der ein Manometer und ein Sicherheitsventil trägt) und durch eine Gasflamme ange-



Digitized by Google

heizt werden, oder aber den sogenannten Schieß- oder Kanonenofen. Dieser besteht aus einem eisernen Kasten, in dem vier oder mehr eiserne, beiderseits offene Rohre liegen. Sie sind zur Aufnahme der Glasrohre bestimmt, in welche die Substanzen, die aufeinander einwirken sollen, eingeschmolzen werden. Dann wird der Ofen, je nach Bedarf, angeheizt. Ein Theil der in den Rohren eingeschlossenen Flüssigkeit verdampft und übt auf den anderen Theil einen bedeutenden Druck aus, der im Vereine mit der hohen Temperatur dann die Entstehung neuer Verbindungen begünstigt. Allerdings geschieht es dabei sehr häufig, daß die Glasrohre dem starken Drucke nicht zu widerstehen vermögen und mit starkem Knalle explodiren.

Zur Destillation im luftverdünnten Raume stehen dem Chemiker zierliche Apparate zur Verfügung, die genau nach dem gleichen Principe construirt sind, wie die großen Vacuumapparate, die wir bei Besprechung der Zuckerfabrikation kennen lernten. Und wenn es eine Arbeit erfordert, Flüssigkeiten längere Zeit gut durchzurühren, so spart der Chemiker seine kostbare Zeit dadurch, daß er diese Arbeit mechanischen Rührvorrichtungen überläßt, die von einem kleinen Motor oder von einer Turbine bewegt werden.

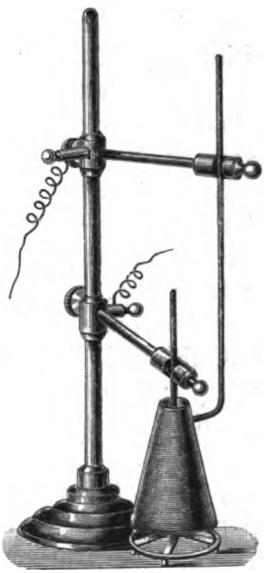
Es ist begreiflich, daß in die Laboratorien auch die modernste aller Kräfte, die Elektricität, Eingang fand. Sie dient hier aber nicht nur als lichtspendende und bewegende Kraft, sondern sie muß auch Arbeit, und zwar chemische Arbeit verrichten. Wir wissen, daß dem elektrischen Strome die Fähigkeit zukommt, zerlegend auf manche Verbindungen einzuwirken. So spaltet er das Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff, das Chlornatrium in Natrium und Chlor. Besonders geeignet ist er aber auch, um Metalle aus Lösungen ihrer Salze niederzuschlagen. Eine Lösung von schwefelsaurem Kupfer wird beispielsweise durch seine Einwirkung in metallisches Kupfer und Schwefelsäure zerlegt, Gold und Silber vermag er niederzuschlagen und noch viele andere Metalle abzuscheiden. Unterwirft man nun Lösungen bestimmter Salze der einzelnen Metalle der Elektrolyse und benützt man andererseits Ströme bestimmter Intensität zur Zerlegung, so gelingt es, das abzuscheidende Metall nicht in Form eines Pulvers, sondern als einen dichten, fest auf der Elektrode haftenden Ueberzug zu erhalten. Als Elektroden benützt man Platin und der große Werth dieser Eigenschaft des elektrischen Stromes für die analytische Chemie liegt auf der Hand. Man ist dadurch befähigt, Metalle, deren Ausscheidung, Trennung und Bestimmung sonst mitunter sehr bedeutende Schwierigkeiten verursachte, in einfacher Weise auszufällen und zu wägen. Sie haften dann als dünner Ueberzug fest auf der Innenseite der Platinschale, in der man die Fällung vornahm. Die Schale wird vor und nach der Elektrolyse gewogen, die Gewichtszunahme entspricht der Menge des niedergeschlagenen Metalles. Dabei umgeht man alle sonst so zeitraubenden Operationen, das Fällen und Auswaschen, Trocknen und Glühen, eventuell Reduciren der Niederschläge, und hat auch den großen Vortheil auf seiner Seite, das Metall, dessen Menge bestimmt werden soll, als solches und in vollkommen reinem Zustande auf die Wage zu bringen

Digitized by Google

Die Platinschale selbst kann nach Beendigung der Bestimmung mit Salpetersäure, in der die Metalle löslich sind, gereinigt werden.

So zählt also heute auch die Elektricität zu den Hilfsmitteln des Chemikers. Die quantitative Analyse der Metalle durch Elektrolyse hat, besonders für Hüttenlaboratorien, schon große Bedeutung erlangt, es ist aber zu erwarten und zu hoffen, daß der elektrische Strom, ebenso wie er heute in der chemischen Industrie eine hervorragende Rolle spielt, auch dem Chemiker bei seiner Arbeit im Laboratorium, und zwar mehr noch als dies schon heute der Fall ist, ein getreuer Helfer sein wird. — — —

Fortschritte und Verbesserungen, zweckmäßige Neuerungen und vervollkommnete Methoden erblicken wir heute auf allen Gebieten der chemischen Industrie, und das gleiche erfreuliche Bild der steten Weiterentwickelung zeigt uns auch jedes chemische Laboratorium. Neue, bessere und zweckmäßigere Apparate verdrängen die alten, genauere und expeditivere Methoden werden ausgearbeitet, erprobt und eingeführt, und die Zahl der öffentlichen und privaten chemischen Laboratorien ist in steter Zunahme begriffen. Auch dies ist ein erfreuliches Zeichen der Zeit: denn die Thätigkeit des Chemikers kommt in letzter Linie doch immer nur der Allgemeinheit zugute. Und der Ursprung aller heute in der chemischen Großindustrie angewendeten modernen Verfahren ist im Laboratorium zu suchen. Die Grundlagen von denen ausgehend sich die chemischen Industrien im Laufe weniger Jahrzehnte zu ihrer heutigen, imponirenden Höhe zu entwickeln vermochten, wurden hier erforscht und ausgearbeitet. Alle Erfolge der chemischen Industrien sind in letzter Linie nur der Thätigkeit des Chemikers zu verdanken — der modernen Chemie!



Stativ, bestehend aus einer Glasstange zur Befestigung von Anode und Kathode. (Quantitative Analyse durch Elektrolyse.)

* * *

Und nun nehmen wir Abschied von dem großen Gebiete, das wir durchwandert haben.

Wir lernten die Bedeutung der Thätigkeit des Chemikers kennen und zahlreiche Industrien, die einzig und allein durch sie geschaffen wurden. Und diese Industrien bilden eine Welt für sich, eine Welt, die dadurch entsteht, daß sich nach ewigen Gesetzen Atom mit Atom und Molekül mit Molekül verbindet und verkettet. Aber nicht willkürlich erfolgt diese Vereinigung und, wenn erforderlich, die Trennung. Der Chemiker versteht es, die kleinsten Theile innerhalb der durch die Naturgesetze gezogenen Schranken zu zwingen, seinen Anordnungen zu folgen



Digitized by Google

und sich seinem Willen zu beugen. Er baut auf und er zerstört, um aus den Trümmern neue werthvolle Körper erstehen zu lassen.

Heute übt er seine Kunst nicht mehr im Geheimen und im Dunkeln, frei und im vollen Lichte zeigt er sein Können der ganzen Welt, er übt es ja doch nur in ihrem Dienste und zu ihrem Wohle. Er jagt nicht mehr dem Traume nach, Gold zu erzeugen, diesem Traume, der wie ein schwerer Alp Jahrhunderte hindurch die Gemüther belastete und die heute so hehre Wissenschaft in ihrer Entwickelung hemmte und verzögerte. Nach einem festen Plane baut er sein Gebäude weiter aus, Baustein legt er zu Baustein, und immer größer und immer herrlicher wird der Bau. Die Zahl der Grundstoffe, der Elemente, vermehrt sich von Jahr zu Jahr, neue Wahrheiten werden gefunden und kühne, geistvolle Hypothesen aufgestellt, um noch dunkle Gebiete zu erhellen.

Mit Mutter Natur hat der Chemiker einen erfolgreichen Wettkampf begonnen: aus den Grundstoffen baut er Körper auf, die wir bisher nur als Producte der Pflanze oder des Organismus des Thieres kannten, und aus wenigen Elementen bereitet er die heitere Farbe und den berauschenden Duft der Blüthe, die sich unter dem Kusse der Sonne erschloß. Sein Reich umfaßt die belebte und die unbelebte Materie, und der Ergründung der höchsten Probleme strebt er nach.

Dabei vergißt die moderne Chemie aber niemals, daß sie keine rein speculative Wissenschaft ist, sondern daß sie festen Boden unter den Füßen hat. Und die chemischen Industrien sind es, die nach den Errungenschaften und Lehren des Chemikers werthvolle Stoffe erzeugen, die seine Forschungen in die That umsetzen. So ist die Chemie ein Gebiet, auf dem sich graue Theorie und vollkräftiges, pulsirendes Leben begegnen und sich die Hände reichen zu einem dauernden Bunde, der dem gesammten Menschengeschlechte zum Heil und Segen gereicht. — —

Digitized by Google

# Sachregister.


Abbau, hydraulischer 551.
Abraumsalze 57, 200, 212.
Absorptionsverfahren 798.
Absüßen 601.
Abtrageisen 420.
Aceton 731.
Acetylen 155.
Acetylenbeleuchtung 159.
Aether 662.
Aetherische Oele, Gewinnung 769.
Aethylalkohol 661.
Aetzdruck 881.
Aetzkalk 327.
Aetznatron 251.
Agriculturchemie 292.
Alaune 451.
Alchemisten 555.
Aldehyd 704.
Aleuronatmehl 624.
Alizarin 853, 864.
Alkalien 224.
Alkalimetalle 252, 480.
Alkermesbeeren 854.
Aluminium, Darstellung 514.
Aluminiumgruppe 513.
Amalgam 507.
Amalgamation 507, 554.
Ammon, kohlensaures 272.
Ammoniak, Gewinnung 244.
Ammoniakreinigungsverfahren 141.
Ammoniaksoda 244.
Ammoniakwasser 136.
Amygdalin 283.
Amylalkohol 662.
Analyse 11.,
Analyse, qualitative 925.
Analyse, quantitative 926.
Anhydrit 218.
Anilin 862.
Anschwärzen 675.
Anthracen 832, 864.
Anthrachinon 864, 865.
Anthrachinonsulfosäure 864, 865.
Anthracit 127.
Antifebrin 835.
Antifrictionsmetall 547.
Antimon 546.
Antimongruppe 546.
Antineuralgica 835.
Antiphosphorhölzer 35.
Antipyrin 835.
Apatit 21.
Appretiren 624.
Aragonit 323.
Argandbrenner 148.
Argentan 542.
Arsennickelkies 549.
Ascus 630.
Assimilationsproceß 294.
Aspirator 939.
Athmung, intramoleculare 631.
Atom 99.
Auerbrenner 151.
Auerlicht 150.
Aufgußverfahren 670.
Aufschließung 308.
Auftempern 414.
Ausbauchprobe 85.
Autoklav 769.
Bacillen 632.
Backofen 914.
Backpulver 911.
Bakterien 632.
— denitrificirende 301.
Bakterien, nitrificirende 301.
Baku 111.
Barber-Zündholzmaschine 39.
Barilla 229.
Barium 488.
Bariumsaccharat 608.
Bariumsuperoxyd 458.
Bauchspeichel 890.
Bauchspeicheldrüse 890.
Baumwolle 69.
Baumwolle, färben 870.
Baumwollgewebe, färben 873.
Baurit 513.
Becherglas 930.
Bedufung 798.
Beizen 869.
Benzaldehyd 864.
Benzin 103.
Benzol 821, 828, 829.
Bergkrystall 3 7.
Berieselungskühler 645.
Berlinerblau 278.
Beryllium 488.
Bessemerapparat 535.
Bessemerbirne 535.
Bessemerproceß 533.
Bessemerstahl 535.
Bierbrauerei 664.
Bier, Spunden 682.
Bittermandelöl 800.
Bittersalz 209, 488.
Blankkochen 591.
Blanquette 229.
Blauholz 853.
Blaukali 277.
Blaupulver 279.
Blausäure 283.
Blausäure, Nachweis 285.
Blausäurevergiftung 284.
Blei 494.
Bleiche, elektrolytische 187.
Bleichflüssigkeiten 184.
Bleichmittel 458.
Bleiglanz 495.
Bleiglas 393.
Bleikammer 167.
Bleikammerkrystalle 164.
Bleikrankheit 496.
Blei, schwefelsaures 169.
Bleiweiß 840.
Blutlauge 276.
Blutlaugensalz, gelbes 272.
Blutlaugensalz, rothes 278.
Böttgern 691.
Bor 219.
Boracit 213, 217.
Borax 217.
Borsäure 217.
Borsäurelagunen 219.
Botallakmine 500.
Bouteillenglas 392.
Brandöl 732.
Brauneisenerz 518.
Braunkohle 127.
Braunkohle, Schweelen 779.
Braunkohlentheer 781.
Braunstein 183.
Brechweinstein 547.
Brenner 149.
Briscale 48.
Britanniametall 547.
Brom 252.
Bromcadmium 494.
Bromkalium 255.
Bromnatrium 256.
Bromsilber 262.
Bromum solidificatum 255.
Bronze 478.
Bronzestein 501.
Brotbereitung 908.
Brotcentrifuge 603.
Bühnensalze 216.
Bunsenbrenner 149.
Buntkupfererz 497.
Butterfäure 633.
Cadmium 493.
Cadmiumsulfid 494.
Cäsium 484.
Calcarone 49.
Calcinirofen 239.
Calcium 488.
Calciumcarbid 156.
— Darstellung 156.
Calciumchlorat 193.
Caliche 53.
Calorisator 571.
Campecheholz 853.
Canalofen 361.
Candiszucker 604.
Carbolöl 829.
Carbolismus 830.
Carbolsäure 829, 830.
Carbonisiren 239.
Carbonzeit 127.
Carburirung 124.
Carmin 854.
Carnallit 213.
Cascadenapparat 167.
Celluloid 76.
Cellulose 716.
Cellulose, Darstellung 735.
Cement 331.
Cementstahl 531.
Centrifuge 57, 574.
Cer 1. 1, 512.
Ceresin 782.
Cergruppe 512.
Chamotte 347.
Chamottekapseln 385.
Champagner 694.
Chaptalisiren 693.
Chemie, analytische 924.
Chevilliren 878.
Chilisalpeter 53.
Chlor 182.
Chloration 554.
Chlorcalcium 326.
Chlor, Darstellung 184.
— — nach Deacon 186.
Chlorjod 259.
Chlorkalium 215.
Chlorkalk 189.
Chlorknallgas 177.
Chloroform Pictet 469.
Chlorsaures Kalium 192.
Chlorsäure 192.
Chlorschwefel 813.
Chlorsilber 262.
Chlorstickstoff 195.
Chlorwasser 194.
Chlorwasserstoff 177.
Chlor, wirksames 189.
Chlorzink 493.
Chrom 543.
Chromgelb 840.
Chromgruppe 543.
Chronograph 85.
Chylus 890.
Claret 694.
Coaks 29, 137.
Coaksthurm 179.
Cochenille 854.
Cocosöl 754.
Cognac 699.
Collodium 76.
Collodiumwolle 73.
Colonialzucker 563.
Colophonium 739.
Concentrationsstein 502.
Conservirung 918.
Conversionssalpeter 55.
Converter 535.
Copirrahmen 281.
Craqueléglas 440.
Crownglas 393.
Cyankalium-Cyansilber 286.
Cyankalium, Darstellung 283.
Cyanotypie 281.
Cyanverbindungen 271.
Cyanwasserstoff 283.
Dämpfer 641.
Daguerreotypie 263.
Damascenerrose 795.
Damaststahl 533.
Dampfstrahlerhaustor 135.
Dampfstrahlgebläse 580.
Dampfüberhitzer 106.
Darrmalz 639, 669.
Decken 596.
Deckkläre 597.
Decoctionsverfahren 671.
Degorgiren 695.
Denaturirung 212.
Depblegmation 656.
Deplacirungsmethode 797.
Desinfectionsmittel 834.
Desintegrator 312.
Dextrin 618.
Dextrose 561.
Diastase 618.
Didym 151, 512.
Diffuseur 571.
Diffusion 568.
Diffusionsbatterie 572.
Diffusionsverfahren 568.
Dinassteine 406.
Docht 774.
Dolomit 323.
Doppelsalz 216.
Doppelspath 323.
Doppelsuperphosphate 312.
Dornstein 205.
Dreibadmethode 877.
Dreibasisch-phosphorsaurer Kalk 21.
Druck, kritischer 450.
Druckregulator 149.
Dünnsaft 585.
Düngemittel, kalihaltige 297
— künstliche 289.
Dulcin 835.
Dynamit 80.
Eau de Javelle 184.
Einbadmethode 876.
Einbasisch-phosphorsaurer Kalk 21.
Eisel 446.
Eisen 517.
Eisengruppe 517.
Eisenjodür 261.
Eisenkies 166.
Eisen, Kohlenstoffgehalt 520.
Eisessig 727.
Eisglas 440.
Eismaschinen 473.
Eiweißkörper 884.
Elektrochemie 15.
Elektrolyseur 188.
Elutionsverfahren 606.
Emulsion 265, 284.
Enfleurage 798.


Digitized by Google

Engobe 361.
Engobiren 361.
Entfärbungspulver 277.
Erbium 151, 512.
Erdalkalimetalle 488.
Erdfarben 840.
Erdgase 122.
Erdöl, Entstehung 119.
Erdwachs 778, 782.
Erstproduct 591.
Eschwegerseife 762.
Essigälchen 706.
Essigbakterium 633.
Essigbilder 707.
Essigfabrikation 702.
Essigferment 705.
Essigmilbe 709.
Essigmutter 703.
Essigsäure 703.
Essigstube 708.
Ester 662.
Exhaustor 135.
Explosive Stoffe 44.
Fahlerze 506.
Falleisen 419.
Falun 500.
Familien, natürliche der Elemente 480.
Färbemaschinen 871.
Färberei 867.
Färberknöterich 853.
Färberröthe 853.
Farbenfabrikation 837.
Farbhölzer 853.
Farbmalz 670.
Farbstoffe, adjective 869.
Farbstoffe, substantive 889.
Farin 600.
Fayence 362.
Feinbrennen 506.
Feinsprit 658.
Feldspath 343, 344.
Fermente, chemische 284.
Ferrocyankalium 272.
Ferrocyanproceß 282.
Fett, Bestimmung 944.
Fette 741.
Fettsäuren 742.
Fettsäuren, Destillation 772.
Feuer, griechisches 46.
Feuerwerkerei 87.
Feuerwerksonne 89.
Filtration, mechanische 581.
Filterpresse 580.
Firnisse 801.
Firniß, Kochen 802.
Firnißsumach 810.
Flaschenglas 417.
Fleckputzerei 104.
Fleischbasen 900.
Fleischextract 892.
Fleischfuttermehl 898.
Flintglas 393.
Florentinerflasche 792.
Fluor 252, 267.
Fluoride 268.
Flußeisen 535.
Flußmittel 347.
Flußsäure 268.
Flußspath 268.
Formen 365.
Frischstahl 531.
Fruchtzucker 561.
Füllmasse 593.
Fuchsin 855, 863.
Fuselöl 631, 661.
Futterkalk 316.
Gährbottichkühler 652.
Gährkeller 677.
Gährungschemie 628.
Gährungsgewerbe 627.
Gährspund 682.
Galaktose 561.
Galle 890.
Gallisiren 693.
Gallium 513, 516.
Galmei 490.
Galvanoplastik 505.
Garlauge 216.
Garntrockenmaschine 873.
Garnwaschmaschine 873.
Gase 448.
Gase, permanente 450.
Gas, philosophisches 125.
Gasbehälter 146.
Gasbrenner 149.
Gasbrunnen 100.
Gasfelder 123.
Gasglühlicht 150.
Gasmesser 142.
Gasolin 102.
Gasometer 146.
Gasreinigungsmasse 140.
— Verarbeitung 278.
Gasuhr 142.
Gaswasser 136.
Gattiren 528.
Gay-Lussacthurm 168.
Gelatine 265.
Gelatinedynamit 82.
Geläger 689.
Gelbholz 853.
Generator 130, 409.
Generatorgas 130.
Genußmittel 891.
Geraniumöl 795.
Gerben des Stahles 533.
Gerbstoff 738.
Gerbstoffextracte 739.
Germanium 515.
Gespinstfasern, färben 868.
Gichtgase 522.
Gips 21, 330.
Glas, Abstehen lassen 416.
— Aetzen 269, 432.
— Bemalen 433.
— böhmisches 392.
— Eintheilung 417.
Glasfabrikation 391.
Glas, Fehler 416.
Glasgalle 416.
Glas, Graviren 429.
— irisirendes 441.
Läuterung 414, 416.
Glasmacherstuhl 421.
Glasmosaik 397.
Glasofen 406.
— mit freier Flammenentfaltung 414.
— v. Siemens 409.
Glasposten 419.
Glasretorten 169.
Glassatz 03.
Glas, Schleifen 428.
Glasthränen 427.
Glasur 48.
Glas, Verzieren 428.
Glattbrand 367, 385.
Glaubersalz 232.
Glockenexhaustor 135.
Gloverthurm 166.
Glucin 835.
Glühkörper 157.
Glühstahl 532.
Glycerin 77, 781.
Glycerinester 743.
Glycerinwasser 784.
Gold 549.
Goldcyanid 554.
Goldgewinnung nach M. A. Forrest 554.
Goldschwefel 547.
Gradirung 204.
Gradirwand 204.
Granulated 549.
Graphittiegel 862.
Griesen 748.
Grünmalz 639.
Grünspan 699.
Grünsyrup 597.
Guano 316.
— aufgeschlossener 318.
Guhrdynamit 80.
Gußstahl 533.
Gutbrand 385.
Guttapercha 815.
Haarwasser 458.
Hafen 403.
Hafenpresse 404.
Hahn, Daniel'scher 456.
Halbkernseife 762.
Halbwein 693.
Halogene 252.
Hartblei 547.
Hartglas 424.
Hartporzellan 379.
Harz 739.
Harztrieb 678.
Haselgebirge 201.
Hauptgährung 651.
Hefe 626.
Hefe, Aufziehen 678.
Hefekühler 650.
Hefemaischapparate 649.
Hefteisen 420.
Herdfrischen 529.
Heißluftdarre 669.
Heißwassertrichter 931.
Heizstoffe 90.
Hirschhornsalz 272.
Hochofen 520.
Höllenöl 754.
Holz 127.
Holzdraht 31.
Holzessig 722.
Holzfaser 716.
Holzgeist 728.
Holzkohle 57.
Holzstoff 735.
Holztheer 722, 731.
Holz, trockene Destillation 717.
Holzverwerthung 715.
Hopfen 667.
Humustheorie 290.
Hydraulik 133.
Hypnon 835.
Hypochlorite 187.
Idria 510.
Indigo 854.
Indigofera tinctoria 852.
Indium 513, 516.
Infusionsverfahren 670, 798.
Invertzucker 562.
Iridium 548.
Isonandra gutta 814.
Jahresringe 213.
Jigger 874.
Jod 252.
Jodcadmium 494.
Jodkalium 261.
Jodothyrin 262.
Jodophenin 35.
Jod, Sublimation 259.
Jodtinctur 261.
Jonon 800.
Juchtenleder 731.
Kainit 214, 297.
Käserei 713.
Kalialaun 851.
Kalidünger 297.
Kaliglas 392.
Kalisalpeter 53.
Kalisalze, concentrirte 297.
Kaliseife 763.
Kalium 226, 485.
Kaliumchlorat 192.
Kalium chloricum 192.
Kalium, cyansaures 274.
Kalium, kohlensaures 226.
Kaliumsalze 212.
Kalk 326.
— Brennen des 326.
— dreibasisch-phosphorsaurer 21.
— gelöschter 327.
Kalkgläser 393.
Kalk, kohlensaurer 323.
Kalklicht, Drumond's 456.
Kalkmilch 327.
Kalkofen 328.
Kalksinter 324.
Kalkstein 324.
Kalk, Todbrennen 328.
— einbasisch-phosphorsaurer 21.
— essigsaurer 723.
— oxalsaurer 733.
— phosphorsaurer 21.
Kalodont 765.
Kaltbrüchigkeit des Eisens 528.
Kaltpresse 772.
Kalisalz 214.
Kammersäure 167.
Kaolin 344, 381.
Kartoffelstärke 619.
Kassiterit 544.
Kautschuk 811.
— Vulcanisiren 813.
Kehrsalpeter 53.
Kelp 258.
Keramik 333.
Kermeskörner 854.
Kernseife 756.
Kerzenfabrikation 766.
Kerzen, Gießen 775.
Kerzengießmaschine 775.
Kerzen, Ziehen 775.
Kienöl 732.
Kiesabbrände 165.
Kieselzinkerz 490.
Kieselguhr 347.
Kieselsäure 346.
Kieserit 213.
Kiesofen 165.
Klammer 405.
Kleber 821.
Kleemüdigkeit 290.
Kleesalz 226, 733.
Kleie 908.
Kleisterälchen 706.
Klinker 371.
Knallgas 456.
Knallquecksilber 84.
Knetmaschine 913.
Knochen 21, 313.
Knochenasche 21.
Knochenfett 313.
Knochenkohle 315, 600.
Knochenmehl 313, 315.
Knochenmehlsuperphosphat 315.
Kobalt 517, 541.
Kohlehydrate 561.
Kobaltkies 542.
Kochen auf Korn 591
Kölbl 419.
Königswasser 176.
Körnmaschine, Congrev'sche 64.
Kochsalz 197.
Kohleneisenstein 518.
Kohlensäure 441.
— feste 452.
Kraftmesser 84.
Kräusen 678.
Krappfarbstoff 853.
Kreatin 900.
Kreatinin 900.
Kreide 323.
Kreoline 834.
Kreosot 732.
Kritischer Druck 450.
Kritische Temperatur 450
Kronglas 393.
Kryolith 268.
Krystallglas 393.
Krystallsoda 240.
Krystallzucker 599.
Kühlapparate 645.
Kühlmaschinen 473.
Kühlschiff 676.
Kugelkühler 933.
Kugelmühle 321.
Kunstbutter 900.
Kunstkornseife 764.


Digitized by Google

Kunststeine 441.
Kunstwachs 782.
Kupfer 497.
Kupfererze, Verhüttung 500.
Kupfergewinnung, elektrolytische 02.
Kupferglanz 497.
Kupferkies 166, 497.
Kupfernickel 542.
Lac-Dye 854.
Lackarbeiten, japanische 810.
Lacke 8··1.
— ätherische 806.
Lacke, fette 805.
Lackfarben 851.
Lac-Lac 854.
Lackmus 223.
Lävulose 561.
Lampenöl 104.
Laming'sche Masse 140.
Lanthan 151, 512.
Läuferwerk 61.
Lauge ·52.
Laugenstein 252.
Laugerei 237.
Läuterbatterie 673.
Läuterbottich 672.
Leichtöl 829.
Leim 313.
Leimseife 763.
Letternmetall 496, 547.
Leuchtgas 121.
— Bestandtheile 137.
— Reinigung 140.
Leuchtstoffe 91.
Lichtgeber 139.
Licht, kaltes 159.
— philosophisches 125.
— polarisirtes 612.
Lichtträger 139.
Lignin 716.
Lochbrenner 148.
Löthsalz 493.
Lohe 738.
Long-tom 551.
Luft, feste 468.
Luftnetz 639.
Luftsäure 444.
Luft, Verflüssigung 465.
Luppe 5··1.
Lutter 654.
Lysol 764.
Maare 446.
Magensaft 889.
Magerungsmittel 816.
Magnesia, phosphorsaure 21.
— schwefelsaure 209.
Magnesium 48··.
Magneteisenstein 518.
Maischapparate 642.
Maischbottich 671.
Maischen 641, 671.
Maischkessel 672.
Majolika 840.
Malachit 497.
Malachitgrün 864.
Maltose 626.
Mälzerei, pneumatische 639.
Malzbereitung 638, 668.
Malzdarre 669.
Malzwendeapparate 670.
Mammuthpulver 68.
Mangan 183, 517.
Manganborat 802.
Manganchlorid 183.
Manganhyperoxyd 183.
Margarin 900.
Marmor 823.
Marseillerseife 762.
Martinofen 510.
Martinproceß 540.
Masseschläger 855.
Mäuseln 691.
Mauvein 855.
Meerwasser 200.
Melasse 575, 606.
Melasse Entzuckerung 605.
— Futtermittel 608.
Meiser 717.
Melis 597.
Mergel 331.
Messing 490.
Metalle 477.
Meteoreisen 517.
Methylalkohol 728.
Methylanilin 863.
Methylmercaptan 155.
Migränin 835.
Mikrophotographie 266.
Milch 900.
— condensirte 919.
Milchkügelchen 901.
Milchsaft 890.
Milchzucker 561.
Millefioriglas 427.
Millykerze 768.
Mimosa pudica 283.
Mineralsäuren 161.
Mineraltheorie 291.
Mineralwässer, künstliche 453.
Mirbanöl 800.
Model 421.
Möllern 523.
Mörtel 329.
— hydraulischer 331.
Molekül 99.
Molybdän 543.
Momentaufnahme 265.
Monte Cerboli 219.
Montejus 578.
Moschus 800.
Moxe 419.
Muffel 371.
Nachbeizen 877.
Nachgährung 651.
Nachmühlenöl 752.
Nachwein 689, 693.
Nahrungsmittelchemie 884.
Naphtalin 829, 830.
Natrium 485.
Natriumbicarbonat 250.
Natrium, Darstellung durch Elektrolyse 486.
Natron, doppeltkohlensaures 250.
Natrium, kohlensaures 228.
— phosphorsaures 20.
— salicylsaures 830.
— schwefelsaures 232.
Natriumsulfat 232.
Natronglas 392.
Naturwein 686.
Neapelgelb 494.
Nebengährungen 651.
Negativlack 809.
Negerköpfe 812.
Neodym 51.
Neusilber 542.
Nichtzucker 574.
Nickel 517, 541.
Nieb 5··6.
Nitragin 301.
Nitrircentrifuge 72.
Nitrirung 69.
Nitrobenzol 862.
Nitrose 166.
Nitrogruppe 176.
Nitrirapparate 69.
Nitroglycerin 77.
Nopalschildlaus 854.
Nordhäuser Vitriolöl 172.
Nuggets 549.
Nutschbatterie 597.
Oberhefe 631.
Oele 741.
— ätherische 786.
Oelbaum 752.
Oele, Eintheilung 751.
Oele, trocknende 801.
Oelgas 153.
Oelkuchen 754.
Oelsäure 743.
Ofen, elektrischer 23, 156
Oleomargerin 905.
Olive 752.
Olivenkernseife 762.
Olivenöl 752.
Ombrés 879.
Orthoklas 343.
Osmium 548.
Osmoseapparat 605.
Osmosewasser 605.
Oxalsäure 732.
Oxalsäuremethylester 730.
Ozon 457.
Ozonisirungsapparat 457.
Ozokerit 778, 782.
Palladium 548.
Palmitinsäure 743.
Palmöl 754.
Pankreas 890.
Papier 734.
Paraffin 779.
Paraffine 105.
Pariserblau 279.
Pasteurisiren 698.
Pâte tendre 379.
Pech 739.
Pentosane 302.
Pepsin 889.
Peptone 889.
Petiotisiren 693.
Petroleum 95.
Petroleumäther 104.
Petroleumasphalt 105.
Petroleum, Destillationsproducte 102.
Petroleumofen 121.
Petroleumprüfer 121.
Pfahlbauern 334.
Pfeife 418.
Pflanzennährstoffe 292.
Pflanzenwachsthum 290.
Pfannenstein 206.
Pfannensäure 169.
Pharaoschlange 288.
Phenacetin 835.
Phenol 829, 830.
Phenylendiamine 863.
Phlogiston 928.
Phosphor 17, 18.
— Destillation 23.
— gelber 25.
— Nachweis 25.
Phosphorpentoxyd 27.
Phosphor, Reinigung 23.
Phosphorit 21.
Phosphor, rother 26.
Phosphornekrose 25.
Phosphorsäure 22, 305.
Phosphorsäuregips 313.
Phosphorsäure, Salze der 305.
Photographie 262.
Pichmaschine 681.
Pichen der Fässer 680.
Pilé 598.
Pillen, ewige 547.
Platin 5··7.
Platinapparat 170.
Platinmetalle 557.
Platinschwamm 28.
Platteneisighilder 710.
Plattenthurm 1··5.
Polarisationsapparat 613.
Polen 502.
Polyhalit 13.
Polysulfide 241.
Potasche ·26.
Präcipitat 316.
Portlandcement 331.
Porzellan 373.
Porzellanerde 344, 381.
Porzellan, hartes 379.
Porzellanknöpfe 3··9.
Porzellanmalerei 387.
Porzellanmarken 378.
Porzellanofen 386.
Porzellan, weiches 374.
Preßglas 421.
Preßhefe 631, 660.
Presse, hydraulische 63.
Proteinstoffe 884.
Ptyalin 889.
Puddeln 529.
Puddelstahl 531.
Puddelproceß 529.
Pülpefänger 576.
Pulversorten, rauchschwache 74.
Pumpernickel 909.
Puzzuolanerde 331.
Pyrit 166.
Quarzsand 21.
Quecksilber 510.
Quellreife 638.
Quellstock 638.
Radicale 271.
Räuchern 919.
Raffiniren des Zuckers 600.
Raffinerie 561.
Rakete 88.
Raketensatz 88.
Rammelsberg 498.
Raseneisenerz 518.
Rayés 879.
Reaction, alkalische, neutrale, saure 222.
Real'sche Presse 797.
Rectification 654.
Regenerator 410.
Regenerativbrenner 150.
Reibzündhölzchen 29.
Reinhefe 691.
Reiniger 141.
Rennstahl 531.
Reservagedruck 881.
Retorte 129.
Retorten, Laden der 131.
— schräge liegend 133.
Revolverofen 231.
Rhodankalium 287.
Rhodanquecksilber 288.
Rhodansalze 287.
Rhodanwasserstoff 286.
Rhodium 548.
Ringofen 359.
Römische Lichter 90.
Röstgase 167.
Roheisen 520.
Rohnaphta 102.
Rohsalz 277.
Rohsoda 236.
Rohzucker 561, 566, 593.
Rosanilin 863.
Roseleur'sche Wage 508.
Rosenöl 795.
Rotheisenstein 518.
Rothholz 853.
Rothkupfererz 497.
Rothlauge 240, 251
Rothsalz 723.
Rubidium 484.
Rübenschnitte 570.
Rübenschwemme 567.
Rückkohlung 537.
Ruß 739.
Ruthenium 548.
Saccharomyces 629.
Saccharatverfahren 608.
Saccharin 835.
Saccharose 561.
Saftfänger 68.
Saftgewinnung 568.
Saftheber 578.
Sago 816.
Salicor 229.
Salicornia annua 229.
Salicylsäure 830.
Salivyrin 835.
Salmiak 241.
Salmiakgeist 244.
Salpeter 52.
Salpeterbahn 54.
Salpeterhöhlen 53.


Digitized by Google

**Salpeterplantagen 53.**
**Salpetersäure 52, 173.**
**— Darstellung 174.**
**— rothe, rauchende 176.**
**Salsola soda 229.**
**Salze 162.**
**Salzgarten 209.**
**Salzkote 206.**
**Salze, neutrale, saure 234.**
**Salzsäure 177.**
**Sanatol 851.**
**Sandstrahlgebläse 430.**
**Santorinerde 331.**
**Sarkin 900.**
**Saturation 577.**
Saturnismus 496.
Sauerstoff 68, 455.
— activer 457.
— flüssiger 468.
Sauerteig 910.
Säuren, dreibasische 305.
— zweibasisch 224.
Schälseife 764.
Schaumgährung 652.
Schaumwein 694.
Scheidepfanne 577.
Scheideschlamm 583.
Scheidewasser 176.
Schellack 854.
Schieferweiß 842.
Schießbaumwolle 69.
— gepreßte 71.
Schießpulver, Erfindung 46.
— Herstellung 60.
— Körnen 64.
— prismatisches 68.
— rauchschwaches 73.
— Verbrennung 66.
— Zusammensetzung 65.
Schiffchen 414.
Schilddrüse 261.
Schlämmvorrichtung 353.
Schlagende Wetter 83.
Schlempe 227, 655.
Schlempekohle 227.
Schleuse 551.
Schmetterlingsbrenner 118.
Schmiedeeisen 520.
Schmiersalz 279.
Schmierseife 763.
Schnitzelpresse 573.
Schönanthusöl 795.
Schönungsmittel 690.
Schrühbrand 369.
Schwärze 276.
Schwarzkupfer 501.
Schwarzloth 434.
Schwarzzinn 515.
Schweelen 779.
Schwenkgrube 422.
Schwefel 47.
Schwefelarsen 169.
Schwefelblumen 49.
Schwefelbor 220.
Schwefelcyankalium 287.
Schwefelcyanwasserstoff 286.
Schwefelkohlenstoff 51.
Schwefellager 48.
Schwefligе Säure 48.
— — flüssige 472.
Schwefel, Raffination 50.
Schwefelsäure 163.
Schwefelsäureanhydrid 172.
— Concentriren 169.
**— rauchende 172.**
**— Reinigung 169.**
**Schwefeltrioxyd 168.**
**Schwefelwasserstoff 47.**
**Schwefelquellen 47.**
**Schweröl 105, 831.**
**Scrubber 136.**
**Seide, Färben 878.**
**— künstliche 76.**
**Seifenfabrikation 745.**
**Seifenformen 757.**
**Seife, glatte 758.**
Seifenleim 756.
Seife, marmorirte 758.
— medicinische 764.
— Schleifen 761.
Seifenschneidmaschine 759.
Seife, Sieden 755.
Sicherheitszündhölzchen 35.
— Herstellung 36.
Sigillarien 126.
Silber 506.
Silberblick 506.
Silbergewinnung nach dem Pattison'schen Verfahren 507.
Silicate 347.
Siliciumdioxyd 21.
Sinkwerksbetrieb 201.
Smalte 542.
Soda 228.
— kaustische 240.
Sodaofen 234.
Sodarückstände 241.
Sodawasser 453.
Soggen 206.
Solutol 834.
Solventnaphta 829.
Solvayfoda 246.
Soole 202.
Soolenleitung 202.
Spaltpilze 632.
Spatheisenstein 518.
Spectralapparat 481.
Speichel 889.
Spiegelglas 423.
Spießglanz 546.
Spiritusfabrikation 635.
Spodium 315, 600.
Spodiumfilter 600.
Spodiumsuperphosphat 315.
Spodium, Wiederbelebung 602.
Sporenschlauch 630.
Spratzen 508.
Sprenggelatine 82.
Spritzflasche 931.
Sproßpilze 632.
Stärke 6 5.
Stärkezucker 561, 625.
Stahl 520, 531.
— Gerben des 533.
Stalldünger 301.
— Behandlung 305.
Stampfwerk 61.
Stassfurt 214.
Stationsgasmesser 146.
Stearinsäure 743.
Steingut 368.
Steinkohle 126.
Steinkohlentheer 817.
— Destillation 822.
Steinsalz 198.
— Gewinnung 201.
Steinzeit 477.
Steinzeug 372.
Stickoxyd 162.
**Stickstoff 52, 298.**
**Stickstoffbakterien 299.**
**Stickstoff, Bestimmung 943**
**Stickstoffbor 219.**
**Stickstoffsammler 299.**
**Stocklack 854.**
**Stören 206.**
**Strangfärbemaschine 872.**
**Strangwaschmaschine 874.**
**Strontium 488.**
**Strontianit 608.**
**Strontianverfahren 608.**
**Substitutionsverfahren 607.**
**Sucrol 835.**
**Sudhaus 206.**
**Sulfat 232.**
**Sulfitcellulose 737.**
**Sulfurol 754.**
**Sumpf 202.**
**Superphosphate 307.**
**Superphosphatgips 313.**
**Symbiose 299**
**Synthese 11.**
**Syphonia elastica 812.**
**Tafelglas 422.**
**Talg 747.**
**Talgkernseife 756.**
**Tanagrafiguren 338.**
**Tantal 546.**
**Tausendblumenglas 427.**
**Teleskopgloden 148.**
**Temperatur, kritische 450.**
**Tenne 638.**
**Terbium 519.**
**Terpentinöl 739.**
**Tesseralkies 542.**
**Thallium 494.**
**Theerfarben 855.**
**— Fabrikation 861.**
**Theeröl, leichtes 731.**
**— schweres 732.**
**Theer, präparirter 833.**
**Thelen'sche Pfanne 239.**
**Thomasmehl 321.**
**Thomasschlacke 320.**
**Thomasproceß 539.**
**Thon 343.**
**— Aufbereitung 352.**
**Thoneisenstein 518.**
**Thonerde 341.**
**Thon, feuerfester 345.**
**Thonschneider 355.**
**Thonwaaren, dichte 371.**
**— Eintheilung 350.**
**Thorium 544.**
**Thymojodin 262.**
**Tinctorialchemie 867.**
**Tinkal 217.**
**Tinte, sympathische 543.**
**Titan 544.**
**Töpferkunst 333.**
**Töpferscheibe 363.**
**Tolletteseifen 764.**
**Toluol 828.**
**Tonkinol 800.**
**Topfpresse 790.**
**Topfversuche 302.**
**Torf 127.**
**Transmutation 556.**
**Trauben 687.**
**Treber 652, 672.**
**Treibarbeit 506.**
**Treibherd 506.**
**Tresterwein 689, 693.**
**Trinitrobutyltoluol 800.**
**Trockenplatten 265.**
**Trona 229.**
**Tropfstein 324.**
**Tropfzink 492.**
**Traß 331.**
**Tunkpfanne 33.**
**Tunkzündhölzchen 29.**
**Turnbull's Blau 279.**
**Ueberfangglas 435.**
**Ultramarin 848.**
**Unterchlorige Säure 167.**
**Unterlauge 757.**
**Unterhefe 631.**
**Untersalpetersäure 175.**
**Uran 543.**
**Uranglas 544.**
**Urao 229.**
**Usufur 556.**
**Vacuumapparat 593.**
**Vanadium 546.**
**Varec 258.**
**Vegetationsversuche 303.**
**Verbrennung 92.**
**Verbrennungsofen 940.**
**Verdampfen 585.**
**Verdampfapparat 587.**
**Verglühbrand 367.**
**Verkochen 591.**
**Verkohlung stickstoffhaltiger Stoffe 273.**
**Verschneiden 693.**
**Verseifung 769.**
**Versilbern 508.**
**Vitriolöl 172.**
Vivianit 21.
Vollwein 693.
Vorgährung 651.
Vormaischapparat 671.
Vulcanisiren 813.
Wachs 782.
Wachskerzen 783.
Wachsstöke, ziehen 784.
Wage, analytische 928.
Walkextract 762.
Walkholz 419.
Walzenpresse 63.
Wallstein 523.
Wannenofen 412.
Warmpresse 772.
Wasserculturen 292.
Wassergas 154.
Wasserglas 441.
Wasserstoff 459.
— Gewinnung 460.
— durch Elektrolyse 460.
Wasserstoffsuperoxyd 458.
Wasserstrahlpumpe 935.
Wechselklappe 410.
Wedgwood 371.
Wechselwirthschaft 290.
Weichporzellan 380.
Weinbereitung 684.
Weineffig 704.
Weizenstärke 621.
Weldonverfahren 185.
Werkzink 492.
Wetterlilder 513.
Wickersheimer'sche Flüssigkeit 731.
Widmanstätten'sche Figuren 517.
Wiege 551.
Wind 525.
Winderhitzer 525.
Wismuth 548.
Wöhrbau 201.
Wolfram 543.
Wolframstahl 543.
Wolle, färben 876.
Wollschweiß 228.
Wood'sches Metall 548.
Wrasenapparate 916.
Würfelzucker 598.
Würze 670.
Wurfrakete 89.
Wurzelknöllchen 300.
Xylole 829.
Xanthin 900.
Zerstäubungsapparat 168.
Zeugdruck 867.
Ziegel 351.
Ziegelpresse 356.
Zink 490.
Zinkblende 166, 490.
Zinkgelb 493.
Zinkoxyd 491.
Zink, schwefelsaures 161.
Zinkstaub 492.
Zinkvitriol 161.
Zinkweiß 493.
Zinn 544.
Zinnober 510.
Zinnseifen 544.
Zinnstein 544.
Zirkonium 151, 545.
Zucker 561.
Zuckerarten 561.
Zuckerfabrikation 561.
Zuckerrohr 609.
Zuckerrohrmelasse 612.
Zuckerrübe 565.
Zündhölzchen 27.
— kopflose 40.
— Metallisiren 39.
— Paraffiniren 33.
— schwedische 35.
— überall entzündliche, phosphorfreie 39.
Zündmassen 33.
Zymase 635.


REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Digitized by Google

Digitized by Google

THIS BOOK IS DUE ON THE LAST DATE
STAMPED BELOW

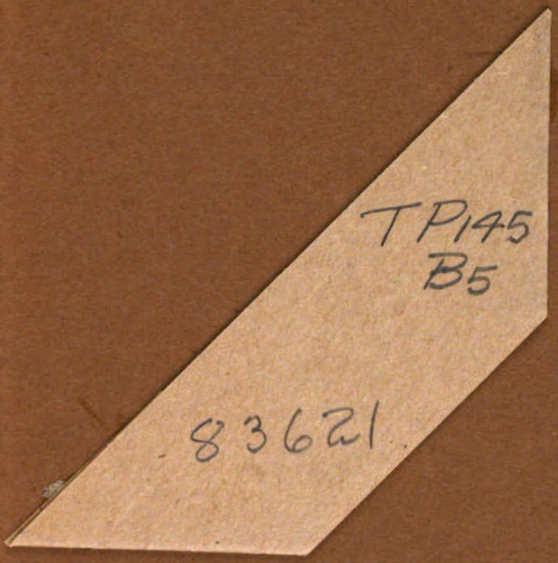
AN INITIAL FINE OF 25 CENTS
WILL BE ASSESSED FOR FAILURE TO RETURN
THIS BOOK ON THE DATE DUE. THE PENALTY
WILL INCREASE TO 50 CENTS ON THE FOURTH
DAY AND TO $1.00 ON THE SEVENTH DAY
OVERDUE.

SEP 13 1932

LD 21-20m-6,'32

Digitized by Google

YD 03932




WILH. STEIN

Digitized by Google

Digitized by Google